

СЕРИЯ **„КЕМ БЫТЬ?„**

В. Д. ЕВДОКИМОВ
С. Н. ПОЛЕВОЙ

МОЯ ПРОФЕССИЯ - ИНСТРУМЕНТАЛЬЩИК



МОСКВА «МАШИНОСТРОЕНИЕ» 1985

Рецензент инж. И. Л. ПОЛОЦКИЙ

Евдокимов В. Д., Полевой С. Н.
Е15 Моя профессия — инструментальщик. — М.: Машиностроение. 1985. — 160 с., ил. (Кем быть?).

25 к.

В книге в популярной форме изложена история развития инструментального производства, дано описание различных инструментов, способы и оборудование для их производства, приведены краткие сведения об инструментальных материалах, освещены вопросы восстановления и ремонта инструментов, организации инструментального производства.

Для профориентации молодежи, заканчивающей среднюю школу.

Е 2704040000-095
038(01)-85 — 95-85

ББК 34.63-56
6П4.6.08

Вадим Дмитриевич Евдокимов,
Сталин Наумович Полевой

МОЯ ПРОФЕССИЯ — ИНСТРУМЕНТАЛЬЩИК

Редакторы **Л. Н. Корякина, Н. П. Гурвич**
Художественный редактор **И. К. Капралова**
(Технический редактор **Н. М. Харитоновна**)
Корректор **А. М. Усачева**

ИБ № 4562

Сдано в набор 20.05.85. Подписано в печать 24.07.85. Т-12164.
Формат 84×108¹/₃₂. Бумага кн.-журнальная. Гарнитура литературная.
Печать высокая. Усл. печ. л. 8,4. Усл. кр.-отт. 8,82. Уч.-изд. л. 8,76.
Тираж 25 000 экз. Заказ 546. Цена 25 коп.

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

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

© Издательство «Машиностроение», 1985 г.

ВВЕДЕНИЕ

Выбор профессии — ответственный шаг. Его нелегко сделать даже тем, у кого сформировались определенные склонности к профессии с раннего возраста. Это и понятно. Если, например, Вы решили делать машины, то это еще не значит, что Вы четко определили свою специальность. Ведь понятие «машина» весьма обобщенное. Станки и автомобили, корабли и генераторы электрического тока, самолеты и тракторы, тепловозы, экскаваторы, буровые вышки, подъемные краны и велосипеды — все они представляют собой машины. Чтобы их проектировать, рассчитывать, изготавливать отдельные детали, собирать из них узлы, а затем машины нужны специалисты различных профессий.

Какими бы ни были машины, все они сделаны из материалов (металлов, пластмасс, керамики и пр.), которые обрабатывают на станках самими разнообразными инструментами.

В Государственном стандарте есть термин «технологическая оснастка». Это обобщенное понятие. Примерами технологической оснастки являются режущий инструмент, штампы, приспособления, пресс-формы, модели, литейные формы, стержневые ящики. Слесарный молоток, вороток для удержания и вращения метчика при нарезании резьбы, приборы контроля для измерения размеров обрабатываемой детали и прочее — все это тоже технологическая оснастка. Мы специально так подробно вводим читателя в курс терминологических тонкостей, потому что традиционное слово «инструмент», так часто применяемое, на самом деле оказывается шире по смыслу и где-то отождествляется с понятием «технологическая оснастка». Собственно инструмент — только часть общего комплексного понятия. Но мы не стали пользоваться термином «технологическая оснастка» при описании инструментов. А решили только дать это короткое разъяснение и на его основе сохранить в книге

традиционные названия — инструменты, инструментальщики, инструментальное производство. Поэтому читатель должен помнить эту условность и не думать, что например, производство штампов — это не инструментальное производство...

Книга состоит из отдельных рассказов. Это позволяет оттенить в них наиболее существенные факты и соображения, относящиеся к наиболее представительным видам технологической оснастки, в том числе к инструментам. Вместе с тем читатель должен знать, что огромное число видов технологической оснастки не ограничивается теми, которые описаны в книге. Мы выбрали лишь интересные примеры, наиболее распространенные инструменты из большого их многообразия.

Учитывая, что книга посвящена профессиям инструментальщиков, то описание их деятельности и выпускаемой продукции — главная тема книги. В ней Вы найдете обширный материал, который в целом позволит с достаточной ясностью и полнотой получить представление о том, чем занимаются инструментальщики.

Инструменты — орудие труда. Они не появляются сами собой на машиностроительных заводах или в магазинах, где мы иногда их покупаем. Их изготавливают специально на заводах. Рабочие какой профессии или может быть каких профессий участвуют в этом процессе? Об этом многие из вас даже не задумываются, выбирая свой путь. И напрасно. Ведь в нашей стране создана мощная инструментальная промышленность, которая ждет молодых специалистов. Не выбирайте профессию сгоряча... Подумайте, почитайте книги. Прочтите и эту. Она предназначена для Вас.

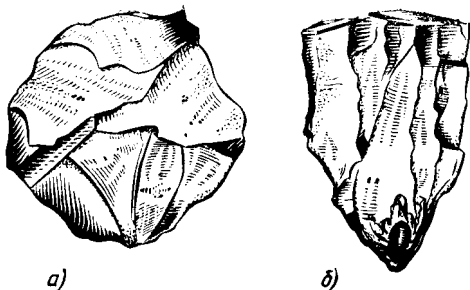
ИЗ ГЛУБИНЫ ВЕКОВ

Если спросить у любого человека, даже очень далекого от проблем техники, кто такой инструментальщик, то ответ скорее всего будет таким. «Кто? Конечно, человек, который делает инструменты!» Этот ответ в принципе мало чем отличается от формулировок толковых словарей.

Для примера открываем толковый словарь русского языка под редакцией Д. Н. Ушакова и находим: «Инструментальщик. Рабочий — специалист по изготовлению инструментов». В словаре же, составленном С. И. Ожевым, вроде та же формулировка: «Инструментальщик. Рабочий, специалист по изготовлению инструментов». Однако, здесь между словами рабочий и специалист вместо тире стоит запятая. Мелочь? Но из-за этой мелочи меняется и емкость понятия. Действительно, в одном случае уточнение, то есть не просто рабочий, а специалист в своей профессии. В другом — рабочий и... специалист. Иными словами, еще кто-то помимо рабочего. Так, кто же такие инструментальщики, в чем суть их профессии? Вопрос оказывается не таким уж простым. Попробуем в нем разобраться.

Наш рассказ начнем из глубины веков, когда *камень был важнейшим материалом* в руках первобытного человека. Камень помогал добывать пищу, разводить огонь, защищаться от врагов и нападать самим, строить жилища и обрабатывать землю, делать необходимые предметы быта и орудия труда. Посетите археологический музей, остановитесь у экспонатов каменного века. И Вы увидите не просто камни, а по-своему прекрасные изделия умелых мастеров каменного века.

В раннем палеолите наиболее часто применяли ручное рубило. Его делали из массивного куска кремня путем откалывания пластинок до тех пор, пока не получали орудие длиной 18—25 сантиметров миндалевидной фор-



От куска кремня откалывали острые и тонкие отщепы и получали нуклеусы дисковидной, круглой (а) и удлиненной (б) формы. Такая технология изготовления орудий труда характерна для периода палеолита

мы. Удары наносили также камнем, но не произвольных очертаний, а предварительно обработанным.

Представьте себе, как от куска кремня резким ударом сначала отбивают верхушку, в результате чего образуется ровная площадка. Затем менее сильными ударами от края площадки начинают скалывать пластинки. И так продолжают до тех пор, пока не получится изделие с граненой поверхностью, или, как его называют археологи, нуклеус. А рядом лежат отбитые от него широкие треугольные с острыми краями пластинки — отщепы. Ими резали мясо, скоблили шкуры, обрабатывали дерево, использовали в качестве оружия. Ручные рубила и отщепы — древнейшие орудия периода палеолита. Сначала они были весьма грубые. Но со временем техника обработки совершенствовалась. Вблизи режущей кромки отщепы и рубила стали подвергать легким и частым ударам. В результате откладывались небольшие кусочки камня. Делали это не для красоты, а для повышения прочности орудия. Сейчас такую обработку называют ретушью. Выполнить ее не так-то просто. Еще сложнее отколоть совсем маленькие чешуйки. Прямым ударом камня по камню такого эффекта добиться трудно.

Обрабатываемое орудие располагали на каменной наковальне и, придерживая рукой, ударяли по нему деревянной палкой-колотушкой. Конечно, такая технология требовала навыка, терпения и осторожности. Одно неловкое движение и почти готовое каменное изделие раскалывалось. Это не предположение. Об этом свидетельствуют находки археологов в виде почти готовых,

но поломанных каменных рубил и отщепов. Вы скажете, что ничего страшного нет, что камней кругом много. Бери любой и начинай сначала... Но это не так. Камней-то кругом много, но не все пригодны для изготовления орудий. Может показаться странным, что рядом с валунами и кусками кремня, находящимися на поверхности, первобытный человек копал ямы и даже узкие шахты в поисках камня более высокого качества.

Кремень по твердости не очень уступает стали и к тому же способен образовывать острые режущие кромки. Помимо него применяли вулканическое стекло, кварц, базальт. Интересно, что и кремень обрабатывали костью. Так сказать, для окончательной отделки. Нажимали костяной палочкой на ретушированный отщеп и покрывали его мелкой рябью. Это тоже ретушь, но не ударная, а отжимная. Качество обработки при такой ретуши выше.

Весьма совершенные каменные орудия появились в эпоху неолита. Орудия из камня шлифовали, полировали. Для их изготовления применяли пиление, сверление, шлифование. Именно пиление и шлифование позволили обрабатывать вязкий и прочный нефрит. Иначе нефрит не одолеть, так как он не дает сколов при ударе. Однако большие глыбы этого красивого камня все же раскалывали, применяя огонь. Камни нагревали на костре, а затем быстро охлаждали. В результате камень с треском рассыпался на более мелкие куски, удобные для последующей обработки. Но не только камни использовал древний человек для изготовления орудий. Для этой цели употребляли и кости животных, раковины мелких и крупных моллюсков, острые шипы растений и различные породы дерева.

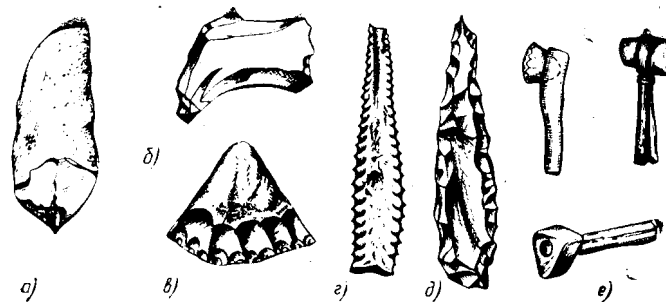
Чтобы сделать в настоящее время деталь станка, машины, механизма или любой предмет нашего быта, необходимы самые разнообразные инструменты. Мало того, и сами инструменты также надо изобрести и изготовить. В далекие времена каменного века необходимость иметь инструменты для обработки материалов была не менее значимой, чем теперь, так как аналогов не было, а опыт накапливали иногда ценою жизни. Поэтому человек заимствовал у природы все, что могло пригодиться в борьбе за существование. А патентов у природы немало. Их только надо суметь увидеть, выделить главное и применить на практике.

Вот лежит набор самых разнообразных камней. Как их различить между собой по свойствам, не имея приборов? Сначала можно попробовать проверить их прочность ударом. Одни легко рассыпаются, как, например, ракушечник, мел или гипс. Другие дают сколы — отщепы при сильном ударе, как кремь. Третьи, еще более твердые и вместе с тем весьма хрупкие, образуют осколки наподобие битого стекла. Даже такой камень, как алмаз, и тот боится удара.

А если теперь действовать не ударом, а царапать один камень о другой, то сразу станет ясно, что они имеют разную твердость. Более твердые царапают менее твердые. Используя это свойство, камни можно расположить в ряд, систематизировать по твердости. Так и сделал в 1811 году немецкий минералог Ф. Моос. Он выбрал десять минералов в качестве эталонов и присвоил им баллы. Самым стойким к царапанию оказался, как и следовало ожидать, алмаз. Алмаз царапал все другие минералы и за это получил 10 баллов. За ним шли корунд — 9 баллов, топаз — 8, кварц — 7 и другие, а в конце таблицы оказались гипс — 2 балла и тальк — 1 балл. Вот и получается, что гипс царапает тальк, а топаз — кварц. Но не наоборот. Заметим, что твердость стали по шкале Мооса примерно оценивается в 6 баллов. Поэтому сталь можно с успехом обрабатывать корундом и тем более алмазом. Конечно, в каменном веке никто понятия не имел об этой шкале. Но на практике способность камней-минералов царапать один другой применяли с успехом. Иначе и не могло быть, так как без инструмента, более твердого, чем заготовка, резание просто невозможно.

Острые когти и клыки животных служили прекрасным аналогом при изготовлении каменных инструментов. Все они в принципе представляют собой клин и имеют острый угол при вершине. Каменные рубила, тесла, топоры, резцы, наконечники стрел, сверла, долота, различные микролиты роднит между собой твердый и острый клин.

Перед нами продолговатый галечный камень. С одной стороны он искусно отбит на острый клин. За гладкую поверхность гальки удобно держаться рукой, а режущей кромкой или вершиной — обрабатывать другой, менее твердый камень, разрезать шкуры и выполнять другие полезные работы. А вот резец из кремня. Он



Основные орудия каменного века:

а — резак, рубило из заостренной гальки; б — резец; в — пила с ретушированными поверхностями клина; г — каменная пила с зубьями; д — ручное сверло; е — топоры и молотки

очень напоминает современный расточный токарный резец. Но он похож и на коготь животного или на клюв птицы. Согласитесь, чтобы выполнить такой инструмент из камня, притом каменными инструментами, надо было хорошо потрудиться. Зато его можно использовать и в настоящее время для снятия деревянной стружки, делать им канавки, пропилы, выборки.

Однако для пиления такой резец не приспособлен. Для этой цели в каменном веке делали пилы. Сначала они были в виде заостренных пластин без зубцов, но с ретушированными краями. Причем ближе к режущей кромке ретушь была мельче, а подальше — покрупнее. Ретушь не только укрепляла режущую часть пилы, но и своими боковыми уступами помогала обработке. Несмотря на то, что каменная пила без зубьев мало похожа на современную, тем не менее ею пилили, совершая возвратно-поступательные движения. Безусловно, лучшие результаты получали при обработке пил с зубьями.

Зубья каменных пил не имели строго выраженной геометрии. Но все же это были зубья! И их было много, что характерно и для современных пил. Понятно, что в древности зубья пил высекали или выпиливали также каменными инструментами. Помимо пил в виде пластинок в каменном веке применяли полоски кожи, жилы животных, шнуры растительного происхождения, плоские бамбуковые палочки. Каким же образом мягкими, гибкими полосками и шнурами разрезали твердые и прочные камни и кости? Не нарушится ли в данном

случае принцип повышенной твердости инструмента по отношению к твердости обрабатываемой заготовки? Отклонений от правил здесь нет, а есть хитрость мастеров каменного века. Дело в том, что совершая возвратно-поступательные движения натянутой полоской, шнуром, они подсыпали к месту пропила увлажненный песок.

Его мелкие частички внедрялись в бамбук, кожу, жилу и включались в процесс резания. На смену выпавшим частичкам приходили новые с тем, чтобы сделать хоть небольшую царапину в зоне обработки. Мы не оговорились — именно царапину. А царапину может сделать более твердый минерал. Напомним, что кварцевый песок, а вернее кварц, имеет твердость по шкале Мооса 7 баллов. Значит он в состоянии обработать не только кость, но даже железо. Вот и получается, что оригинальный абразивный метод пиления изобретен в каменном веке и не забыт в наше время. Недаром сейчас применяют станки, оснащенные гибкими лентами с абразивными включениями корунда или даже алмаза.

Этот принцип абразивной обработки был применен и при *сверлении отверстий*. Мастера неолита сумели заменить гибкий шнур трубчатой круглой костью, полый бамбуковой палкой. Такой инструмент вращали между ладонями или с помощью тетивы, а в процессе работы подсыпали песок и подливали воду. Твердые частички песка внедрялись в кость или в палку и осуществлялось сверление камня. Часто отверстия сверлили с двух сторон навстречу друг другу. При этом несмотря на все старания оси отверстий не всегда совпадали и в результате получался брак. Тогда отверстие делали больше, распиливая изнутри, или брали новый камень.

Важная конструктивная особенность этих сверл та, что они полые, то есть представляют собой трубки. В основном они сверлят торцом. Внутри трубок-сверл остаются цилиндрические каменные столбики, которые затем выбивают. Энергетически процесс сверления полым сверлом выгодный, так как сердцевина не превращалась в каменную пыль или «стружку». Очевидно мастера каменного века не любили бессмысленную трату сил и времени. Однако так поступали не всегда. Применяли и каменные сверла. Причем большие сверла держали рукой, а маленькие закрепляли в разрезе древка и вращали между ладонями или с помощью тетивы. Тяжело бы-

ло сверлить вручную камень или кость каменным сверлом.

Особое место в деятельности мастеров каменного века занимало *изготовление топоров, молотов, палиц*. Казалось, прикрепи к древку каменную головку, — и все готово. Но это кажущаяся простота. Попробуйте на досуге прикрепить булыжник к деревянной рукоятке. Да так, чтобы он не слетал при размахивании таким орудием. В древности каменную головку вбивали в утолщенную часть рукоятки, привязывали к ней, стягивали ремнями до тех пор, пока не научились сверлить отверстия. Даже после этого задача оставалась не окончательно решенной. Несколько забегаая вперед, скажем, что наибольшего совершенства в закреплении ударной части топоров, молотков, кельтов к рукоятке добились мастера бронзового века. У них и возможностей было побольше, да и предшествующий опыт имел очень большое значение. Металл позволил разнообразить способы крепления ударной части орудия к рукоятке. В головке стали делать углубления, кольца, оттяжки, не говоря уже о сквозных отверстиях разной формы. Можно без преувеличения сказать, что на железный век осталось не так уж много новых решений. Однако не будем сдерживать полет конструкторского вдохновения утверждениями о том, что все уже сделано. Кто знает, может быть Вам суждено предложить здесь что-нибудь оригинальное! Дерзайте!

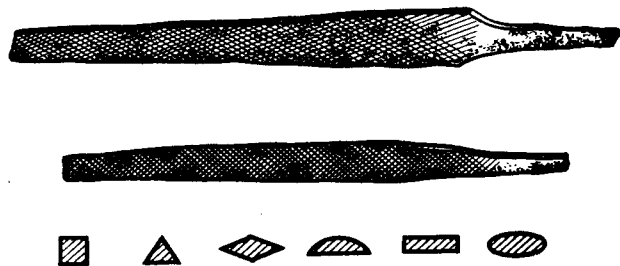
Не следует думать, что бронзовый век покончил с каменными орудиями, инструментами. Хотя изделия из меди и ее сплава с оловом (бронзы) отличались сложностью форм и красотой исполнения, тем не менее они по твердости уступали камню. Каменные топоры, ножи, серпы, наконечники стрел прочно удерживали свои позиции в бронзовом веке. И только железо, начиная с первого тысячелетия до нашей эры, вытеснило орудия, изготовленные из камня.

Для изготовления *изделий из железа* необходимы были инструменты, способные его обрабатывать. Кремень или бронза для этой цели не подходили, алмазы — слишком дорогие. Поэтому инструменты для обработки, как правило, делали также из железа, но более твердого. Мы еще остановимся специально на данном вопросе. А сейчас обратим Ваше внимание на напильники XII века. По геометрии зубьев, внешнему виду и форме попе-

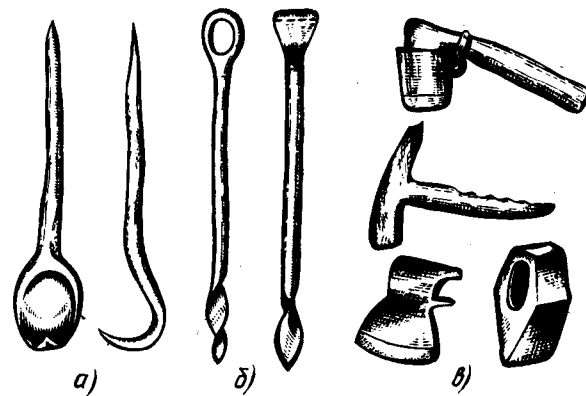
речного сечения они мало отличаются от современных. Квадратные, ромбические, треугольные, прямоугольные, круглые и другие напильники были остро необходимы для выполнения самых разнообразных слесарно-опиловочных работ. Представляет интерес не только внешнее сходство напильников прошлых веков и современных, но и материалов, из которых они сделаны. Изготовлены они из высокоуглеродистой инструментальной стали. Мастер древней Руси делал напильники, у которых сердцевина была из мягкой низкоуглеродистой стали, а поверхностные слои вместе с насечкой — из твердой высокоуглеродистой стали. Современные же напильники изготовлены целиком из одного материала.

Широко применяли и пилы. Их зубья формировали с помощью треугольного напильника или путем высекания профиля специальным зубилом. Причем развод зубьев пил поочередно в разные стороны, необходимый для облегчения процесса резания, является достоянием бронзового века. Для ручной разрезки металлических заготовок пилы с крупными зубьями не годились. Они хороши для дерева. Необходимы были инструменты с мелкими зубьями — ножовки. Именно ножовками делали узкие пропилы, резали бруски и прутья. А для резки листового материала использовали ножницы и специальные рычажные ножи.

Усовершенствованы были и резцы. Так, резцы IX—XVII веков совсем не похожи на каменные и даже отдаленно не напоминают и современные. Их держали в руках и в процессе работы прижимали к вращающейся детали, снимая стружку. Работа с ними требовала большой сноровки, сил и точного глазомера. Тем не менее такие резцы просуществовали века.



Напильники XII века (очень похожи на современные)



Изделия из бронзы и железа пришли к нам из глубины веков:

а — железные резцы мастеров IX—XI веков; б — спиральные сверла-буровы IX—XI веков; в — кельты, молоты, топоры и молотки

Большее сходство с современными сверлами имеют сверла-буровы IX—XVII веков. Их рабочую часть закручивали по спирали влево или вправо, а режущие кромки заостряли напильниками, шлифовальными кругами или абразивными брусками. Помимо таких сверл, в древности применяли и перовидные сверла. И только в начале XIX века появились сверла с винтовыми канавками. К этому времени уже существовали фрезы, с помощью которых можно было выполнить в металле сложные формы, характерные для сверла с винтовыми канавками.

Трудно представить себе современную инструментальную промышленность без абразивных материалов. Просто невозможно! Твердые, прочные, износостойкие инструменты могут быть обработаны на завершающих стадиях, как правило, только с помощью шлифовальных кругов, брусков, паст, порошков. Их режущую основу составляют абразивные крупности — зерна с определенными свойствами. Природные абразивные материалы не в состоянии были удовлетворять все возрастающим требованиям, предъявляемым к ним. Поэтому и появились такие материалы, как эльбор, карбид бора, электрокорунд, карбид кремния, гексанит, синтетический алмаз и прочие, применение которых будет рассмотрено далее. Каждый из них обладает уникальными качествами, повыша-

ющими производительность труда, точность обработки, эффективность всего производственного процесса. Сравним лишь одну их характеристику из большого числа показателей, определяющих совокупное понятие качества абразивного материала. Такой характеристикой может стать так называемая абразивная способность, т. е. количество материала, срезаемого абразивом за определенное время. Если абразивными материалами одинаковой зернистости можно царапать стекло, то за равный промежуток времени природный алмаз срежет 0,770 грамма обрабатываемого материала, искусственный — 0,700 грамма, эльбор — 0,600 грамма, карбид бора — 0,500 грамма, карбид кремния — 0,450 грамма, электрокорунд — 0,145 грамма. Самые твердые материалы, в том числе различные твердые сплавы, обрабатывают алмазом, эльбором и гексанитом. Закаленные до высокой твердости инструментальные стали, особенно быстрорежущие, также наилучшим образом можно шлифовать и заточить инструментами, изготовленными из нитридов бора, достигая высокой точности размеров, малой шероховатости поверхности и остроты лезвия. Если обработка более грубая, то ее исполняют абразивными инструментами из электрокорунда или карбида кремния.

Созданные человеком искусственные материалы практически полностью заменили собой естественные абразивные материалы, хотя в сокровищницах природы их не так уже и мало. Тем не менее для практического использования в древности годились не все абразивы, так как в природе встречались они не в виде мелкого песка, а в глыбах или в кусках породы. Пожалуй, больше всего повезло кварцевому песку. На него впервые обратил внимание человек каменного века. Скорее всего, сама природа подсказала пути наилучшего применения этого абразивного материала. Вспомните, как прекрасно отполированы песком морские и речные камушки и кусочки бутылочного стекла. Песок и вода в бесконечном движении стихии Нептуна, так же как и в знойных пустынях перемещающиеся пески, ветрами гонимые, без усталости полируют и разрушают все, что находится на их пути. Поэтому и приобретают причудливые формы каменные исполины, а сами частички песка со временем становятся все мельче и мельче.

Постойте! Песок обрабатывает сам себя! Но если это

так, то и алмаз, самый твердый природный камень, может быть обработан с помощью... алмаза. Да, это так.

Полировку каменных орудий стали широко применять еще в эпоху неолита. Но, взяв от природы идею и абразивный материал, мастера не ограничились только этим, а начали делать инструменты и, как говорят теперь, технологическую оснастку. Так, полировку орудий в неолите проводили на специальных каменных плитах. Причем материалом для них служили не твердые породы камня, а чаще всего песчаник. В песчанике хорошо задерживались частицы кварцевого песка, что придавало поверхности плиты абразивные свойства. Иногда применяли сланец, и не только для полировочных плит, но и для изготовления инструментов. Показательно, что пилы, сделанные из пластин сланца, становились вполне работоспособными при наличии кварцевого песка и воды. Даже нефритовые валуны разрезали с их помощью. Подтверждением тому является экспонат Иркутского краеведческого музея — полураспиленный нефритовый валун с застрявшим в разрезе обломком сланцевого инструмента.

Конечно, большого совершенства шлифование и полирование получили в бронзовом, а затем и железном веке. Мастера стали предъявлять более серьезные требования к однородности и крупности зерен абразивных порошков. Просеивали их, отбирали тонкие фракции абразива путем взмучивания порошков в воде. Эту работу проводили качественно, со знанием дела, чтобы не испортить в конце полирования почти готовое изделие. Попадись случайно хотя бы одна крупная частица абразива в мелком порошке, и на блестящей, гладкой поверхности изделия появятся глубокие риски. Все испорчено! Кроме того, было обнаружено, что производительность и качество полирования заметно улучшаются, если к порошкам добавлять жиры, масла, пчелиный воск и прочее.

В настоящее время абразивные пасты и доводочные смеси также состоят из многих компонентов. Например, абразивно-доводочные пасты содержат порошок твердого хромистого электрокорунда, олеиновую кислоту, стеарин, парафин, канифоль, этиловый спирт, скипидар, керосин, касторовое масло и дибутилфталат. Всего десять компонентов. Многовато! Но что поделаешь все они нужны.

Технология шлифовально-полировальных работ в каменном веке внешне была простой. Каменное орудие вручную терли возвратно-поступательными или круговыми движениями с некоторым прижимом о песчаную поверхность плиты. В результате на ней появлялась выработка. Такие «изношенные» плиты не редкость для археологов. Применяли и бруски. Они были поменьше плит и глыб. Их держали одной рукой и, перемещая, обрабатывали неподвижное изделие. Скорее всего с помощью небольших кусков песчаника или пемзы полировали поверхности в трудно доступных местах углублений, отверстий, выступов. Еще большего эффекта полирования достигали при использовании кожи, а затем войлока и тканей.

С развитием техники обработки появился вращающийся на оси цельнокаменный шлифовальный круг с ручным или ножным приводом. Производительность труда возросла, хотя возникли проблемы «засаливания» круга, необходимость его правки и сложности изготовления этого абразивного инструмента. Шлифовальные круги в настоящее время не делают из цельного материала, а прессуют, спекают из абразивных порошков и специальной связки. Не мастера-одиночки заняты сейчас изготовлением абразивных инструментов, а оснащенные передовой техникой комбинаты и заводы с многотысячными коллективами.

Резцы и сверла из камня и железа в процессе обработки срезают припуск или стружку с заготовки. Острые кромки абразивных зерен шлифовальных кругов и брусков также срезают частицы материала, хотя и маленькие. Эти внешне не похожие друг на друга инструменты объединяют одинаковый принцип действия — механическое резание.

Особо можно выделить молоток, молот, кувалду. Ими не снимают стружку, а осуществляют удар. Топор же совмещает в себе достоинства удара с особенностями клина — ножа, резца. Долота, стамески, чеканы сами не способны эффективно работать без удара, поэтому их применяют совместно с молотком.

В бронзовом и железном веках появились *литье, ковка, кузнечная сварка, штамповка и прессование*. Мастера стали делать формы, матрицы, штампы. Новую для того времени технологию применяли и при изготовлении самих инструментов. Кроме того, появились такие

слесарно-монтажные инструменты и приспособления, как отвертки, ключи, клещи, тиски, струбцины и прочее. Не остались забыты и измерительные инструменты.

Глядя на замысловатые формы ювелирных украшений, рыцарские доспехи и кольчуги, оружие, прекрасные скульптуры, развалины когда-то величественных сооружений, предметы повседневного быта, как-то забываешь, что все они сделаны с помощью инструментов.

Каждая эпоха знаменовалась определенными достижениями в развитии человеческой культуры, техники, технологии. В полной мере это относится и к совершенствованию инструментов.

Инструмент — это орудие труда. Во многих справочниках инструмент характеризуют как ручное орудие труда для производства каких-нибудь работ. Но, как далее будет показано, есть очень много инструментов, применяемых для обработки материалов, которые по своему принципу действия и назначению не являются ручными орудиями труда (например, фрезы, протяжки, долбяки и т. д.). Значит приведенная формулировка не всеобъемлющая. Однако она в полной мере относится к инструментам, пришедшим к нам из глубины веков. Не думайте, что эти простые инструменты, которые многие, вероятно, считают архаичными, легко достались человечеству. Нет, не легко! На них лежит печать напряженного труда, проб и ошибок, поисков и находок.

А теперь, после того как мы ознакомились с некоторыми инструментами далекого прошлого, зададим вопрос. Можно ли называть инструментальщиками мастеровых, которые делали эти инструменты, даже каменные? Ответ не будет однозначным. С одной стороны, раз мастера-одиночки изготавливали инструменты, то они — инструментальщики. С другой стороны, если они этими же инструментами производили другие изделия, то не инструментальщики. Парадокс? Нет, не парадокс. Мастеровых прошлого следует называть инструментальщиками, если они специализировались только на изготовлении инструментов. В противном случае эти люди одновременно совмещали в себе разные профессии и поэтому в строгом смысле слова не были инструментальщиками.

Получается, что одни и те же инструменты могли быть сделаны инструментальщиками и не инструментальщиками. Однако во всех случаях в древности были профессии, которые в совокупности позволяли создавать

инструменты. Таким образом, профессии инструментальщиков пришли из глубины веков.

И в наше время встречается аналогичное совмещение профессий. Обратимся к примерам. В Киевской Лавре размещена выставка работ заслуженного деятеля искусств Украинской ССР Н. С. Сядристого. Его микроминиатюры известны далеко за пределами нашей страны и приводят в восхищение и удивление. Их можно рассмотреть только под микроскопом. Здесь представлены самый маленький в мире действующий синхронный электромотор в шестнадцать—восемнадцать раз меньше макового зернышка, золотой замочек диаметром 7 микрометров, настоящая блоха с подковами на ногах, красная роза, с зелеными листочками в трубочке-футляре из человеческого волоса. Это и парусный фрегат длиной 3,5 миллиметра, состоящий из 337 деталей. Он имеет весь основной такелаж с толщиной оснастки порядка 3 микрометров. Уникальные изделия! А ведь их детали обрабатывали резанием — сверлением, точением, полированием и другими операциями с применением не менее уникальных инструментов. Мастер микроминиатюр изготавливал и инструменты, проявляя большую изобретательность и настойчивость. Несмотря на то, что Н. С. Сядристый сделал инструменты своими руками, можно ли назвать его инструментальщиком? Полагаем, что нельзя, так как изготовление инструментов было необходимым, но не конечным этапом работы для достижения другой цели.

Но это, так сказать, уникальные инструменты, сделанные для единичного использования. В промышленности их не применяют. Промышленности требуются другие инструменты. И инструментальщики заняты их изготовлением. Что представляют собой инструменты, над которыми трудятся инструментальщики?

СДЕЛАНЫ ДЛЯ ВСЕХ

Трудно забыть ощущение, когда впервые становишься за станок и блестящая стружка начинает выходить из-под резца. Сосредоточенность, напряженность, и вместе с тем, какая-то волна радости и скрытой гордости охватывает Вас. Еще бы, идет процесс обработки и все послушно Вашим рукам! И безразлично, где впервые это прои-

зошло — в мастерской школы или училища, в цехе маленького или большого завода. Но вот инструмент, например, токарный резец, затупился. Станок остановлен, вышедший из строя резец у Вас в руках. Что делать? Проще взять новый резец и, не теряя времени, снова приступить к работе. А если нового резца нет? Тогда надо восстановить изношенный, заточить его.

Не так просто хорошо заточить даже простой, токарный резец. Нужны знания и опыт. Здесь есть своя специфика. Но, когда Вы затачиваете резец, вероятно, не задумываетесь над тем, что обработке в данный момент подвергается уже не деталь, а сам инструмент. Значит инструмент в этом случае как бы становится деталью. Кем же тогда следует назвать токаря, затачивающего резец? Инструментальщиком? Не спешите с выводом. Понаблюдайте, если будет свободная минута, за работой токаря. Одни сами затачивают инструменты, другие их отдают в специальное заточное отделение или инструментальный цех. А некоторые не просто затачивают, а вводят еще что-то свое, новое. В результате появляются инструменты с улучшенными свойствами, особой геометрией, отличающиеся новизной.

Не все, в том числе высококвалифицированные рабочие, могут произвести восстановление, заточку своих инструментов из-за их непростой геометрии, повышенных требований к качеству и необходимости умения иногда работать на сложных и точных станках и приспособлениях. И тем более не всегда в состоянии сделать своими силами инструменты, с которыми работают на станках. Очевидно тех, кто затачивает, восстанавливает и даже делает новые инструменты, как необходимое орудие труда для выполнения своих плановых заданий, не связанных с серийным изготовлением инструментов, нельзя называть инструментащиками. Инструменты они делают, так сказать, только для данного станка.

Многие инструменты вообще приобретают в готовом виде. Например, школьные мастерские или большие заводы их получают в посылках, контейнерах, в вагонах. Значит инструменты, как основную продукцию, делают на специальных заводах или в особых инструментальных цехах. А там имеются соответствующим образом подготовленные рабочие кадры, специалисты, необходимые станки и прочее оборудование. И в процессе изготовления инструментов с их заготовок удаляется припуск,

как и при обработке других изделий. Поэтому первая стружка, которую Вы с такой радостью и гордостью сняли с заготовки, могла быть и предвестником будущей специализации по производству инструментов. Все зависит от того, чему будет посвящена Ваша деятельность, каков ее конечный продукт.

Так кто же делает инструменты? Конечно инструментальщики. И изготавливают они самые разнообразные инструменты. Разнообразие инструментов понятно многим, даже людям, не имеющим непосредственного отношения к металлообработке. Какие Вы знаете инструменты? «Сверла, резцы, молотки, топоры, отвертки, ключи, пилы, стамески, ножницы, клещи, плоскогубцы, напильники, линейки и циркули», — ответите Вы. В общем список не маленький. Он свидетельствует о том, что многие инструменты прочно вошли в наш быт и о них имеет представление, пусть даже поверхностное, каждый. Но все же, как и следовало ожидать, этим перечислением не исчерпывается разнообразие современных инструментов. Их гораздо больше. Фрезы, протяжки, зенкеры, долбяки, штампы, шеверы... Однако остановимся, иначе обилие названий без пояснений может привести к путанице. Действительно, сверла служат для получения отверстий, а линейки предназначены для определения размеров. Это разные по назначению инструменты. Поэтому необходимо четкое разграничение. Иными словами, требуется классификация. И она имеется. Даже не одна.

По назначению в наиболее общем смысле инструменты машиностроители разделяют на две обширные по своему содержанию группы — инструменты, предназначенные для обработки, и инструменты для измерений. Но обработка материалов, в свою очередь, может осуществляться со снятием стружки и без ее образования. Кроме того, инструменты классифицируют по технологическому назначению, подчеркивая главную цель или суть работы. Например, инструменты для обработки отверстий, нарезания резьб и прочие. Но при такой классификации некоторые инструменты для обработки логично попадают одновременно в разные группы. Ведь отверстие можно получить в детали, применяя резец или сверло. И нарезают резьбу не только метчиком, плашкой, но и резцом или фрезой. Тем не менее такое разделение достаточно удобно. Особенно если необходимо получить

сведения или подобрать инструменты к вполне определенной технологической операции.

Но, несмотря на это, инструменты часто классифицируют иначе. Их просто объединяют в определенные группы по общим конструктивным решениям, кинематическим особенностям их работы и другим характерным признакам. Тогда и возникают краткие, но обобщенные и достаточно ясные названия разделов классификации: резцы, сверла, зенкеры, протяжки, фрезы и т. д. Однако наша цель — по возможности раскрыть перед Вами разнообразие современных инструментов и описать в популярной форме их особенности. Причем мы остановимся только на тех инструментах, с помощью которых осуществляется процесс резания со снятием стружки с поверхности заготовки. Удельный вес таких инструментов в современном машиностроении достаточно велик. Поэтому мы с них и начнем, чтобы в конечном счете показать, чем же занимаются в своей повседневной деятельности инструментальщики, какую продукцию они выпускают.

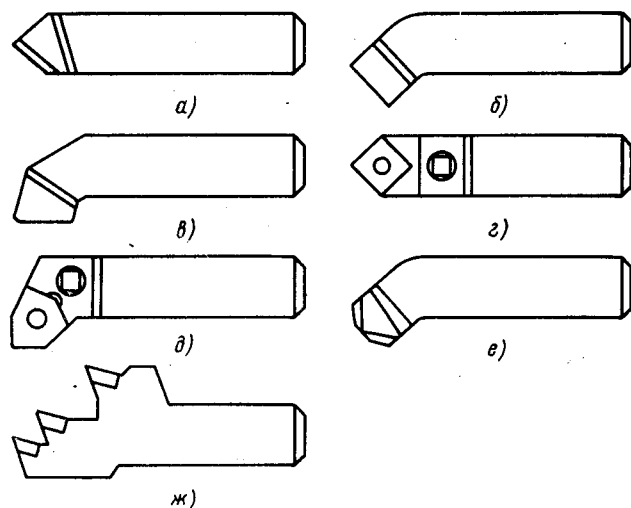
Знакомство начнем с резцов, которые в силу своей универсальности и относительной простоты стали наиболее широко применяемыми инструментами. Именно машинными, так как современные резцы просто невымыслимы без станков. С другой стороны, ключ к пониманию геометрических особенностей других, более сложных инструментов, следует искать в резце. Недаром он является одним из древнейших инструментов, которому уделяли особое внимание многие поколения механиков.

С помощью резцов осуществляют самые разнообразные работы. Точение, растачивание, нарезание резьб, долбление пазов, отрезка не исчерпывают всего перечня выполняемых технологических операций, связанных с резцами. Понятно, что из-за этого они не могут быть одинаковыми, а отличаются своим конструктивным исполнением.

Итак, перед нами *проходные токарные резцы*. Их применяют для обточки наружных цилиндрических и конических поверхностей осей, валов и прочих деталей, имеющих поверхности вращения. Проходные резцы бывают прямые и отогнутые. Отогнутые резцы более жесткие и позволяют обрабатывать не только цилиндрические поверхности, но и торцы деталей, снимать фаски и даже подрезать уступы. В последнем случае используют

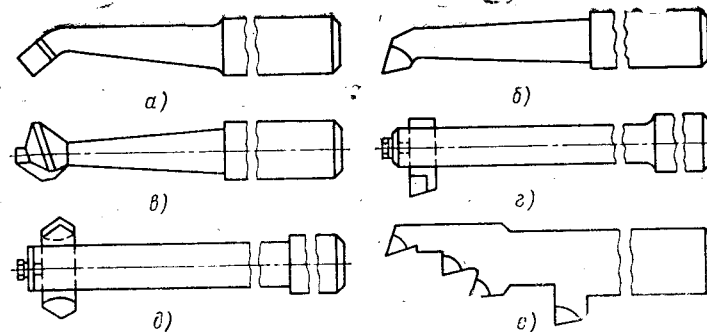
проходные упорные резцы. Современные проходные резцы оснащают сменными режущими пластинками, чаще всего из твердого сплава. Достаточно повернуть такую пластинку, и новые острые режущие кромки вступят в работу взамен затупившихся. Быстро и экономично! Интересен резец В. А. Колесова для силового точения. Резец имеет дополнительную кромку. Кромка как бы зачищает неровности поверхности, оставленные после обработки главной режущей кромкой. Стремление повысить производительность труда привело к созданию многокромочных проходных резцов. На одной державке размещено как бы несколько резцов, одновременно осуществляющих процесс резания. Причем контролируют полученные размеры детали только по одной из обточенных поверхностей. Остальные размеры получаются автоматически. Так оно должно и быть. Ведь режущие кромки этого сложного проходного резца располагаются с учетом конструкции и размеров детали.

Для обработки отверстий предназначены *расточные резцы*. Если отверстие нужно сделать сквозное, то берут проходной расточной резец, а если глухое или с внутренним буртиком, то применяют упорный резец. Расточ-



Проходные резцы:

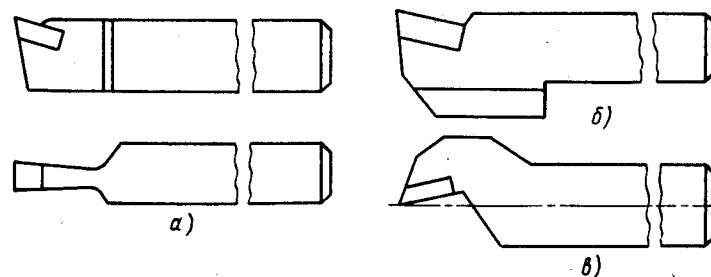
а — прямой; б — отогнутый; в — упорный проходной; г — прямой с механическим креплением твердосплавной пластинки; д — отогнутый с твердосплавной пластинкой; е — резец В. А. Колесова для силового резания; ж — многокромочный ступенчатый резец



Расточные резцы:

а — для обработки сквозных отверстий; б — упорный для обработки глухих отверстий; в — со спиральной коронкой из твердого сплава; г — расточной резец на оправке или борштанге; д — проходной двухсторонний резец («нож») на оправке; е — многокромочный расточной

ные резцы работают в худших условиях, чем проходные резцы для наружного точения. Их длинный и тонкий стержень, который должен быть больше глубины обрабатываемого отверстия, подвержен деформациям и особенно вибрациям. Расточными резцами не снимают стружку большого сечения. Сложно обрабатывать поверхность, которая не видна, да к тому же и не очень жесткими резцами. В арсенале расточных резцов есть резцы с твердосплавной коронкой, которая своим видом очень напоминает домик улитки. Возможно моллюск и подсказал создателям резца интересное решение. Часто резцы для расточки отверстий укрепляют в специальных державках или оправках с помощью винтов. Тогда они становятся легкосъемными, а длинные державки позво-



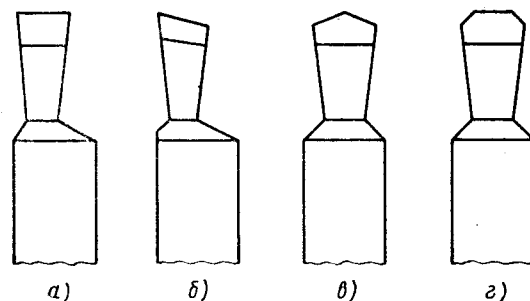
Отрезные резцы:

а — с симметрично оттянутой головкой; б — с усиленной головкой («петушок») в — для работы при обратном вращении шпинделя

ляют вести обработку на большую глубину. Используют даже два резца, установленных в диаметрально противоположном направлении для разгрузки державки от радиальных сил. Таким резцам на державках, оправках или борштангах уделяют большое внимание. Скорее даже больше самим державкам и борштангам. Их постоянно совершенствуют, повышая жесткость и виброустойчивость, точность обработки и качество полученной поверхности. Наконец, по аналогии с многокромочными ступенчатыми резцами для наружного точения делают такие же сложные резцы для растачивания. Их применение существенно ускоряет процесс обработки ступенчатых отверстий, к тому же ими можно обрабатывать торцовые поверхности.

Не обходятся при токарной обработке и без *отрезных резцов*. Само название говорит об их назначении: отрезать деталь от заготовки, отрезать заготовку требуемой длины от прутка или болванки. Вот и все. Стоило ли ради такого ограниченного перечня работ специально изготавливать отрезные резцы? Другие резцы здесь не помогут. Заметим, что даже отрезные резцы, имеющие специальную оттянутую головку и особую геометрию, часто ломаются из-за тяжелых условий работы. Поэтому и имеются у токарей отрезные резцы. Стремление сделать их более прочными привело к усилению головки отрезного резца. Так появился резец под названием «петушок». Хотя на него с нашей точки зрения больше похож другой отрезной резец, работающий при обратном вращении шпинделя токарного станка. Такой перевернутый резец направляет стружку не вверх, как обычно, а вниз — прямо в корыто станка. Это особенно удобно при тяжелых режимах обработки больших деталей. Заканчивая краткое знакомство с отрезными резцами, отметим, что их главные режущие кромки, о которых будет сказано дальше, делают не всегда параллельными оси вращения отрезаемой детали. Для полной обработки одного из торцов детали с удалением центрального стерженька, образуемого при отрезке, главную режущую кромку затачивают под углом. А для облегчения условий врезания делают эту кромку даже ломаной или с двумя боковыми фасками.

Весьма созвучны с отрезными (некоторые даже похожи на них) так называемые *прорезные резцы*. Их применяют для проточки, прорезки канавок как на наруж-

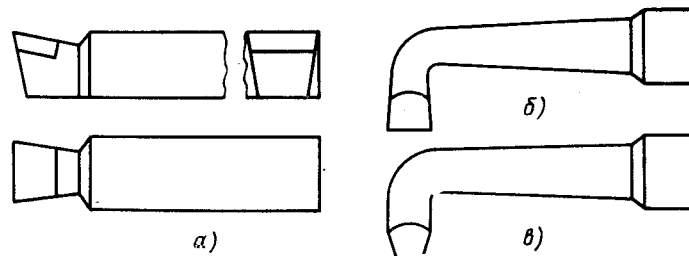


Форма режущей части отрезных резцов:

а — режущая кромка параллельна оси детали; б — режущая кромка расположена под углом; в — симметрично расположенная режущая кромка; г — режущая кромка с двумя фасками

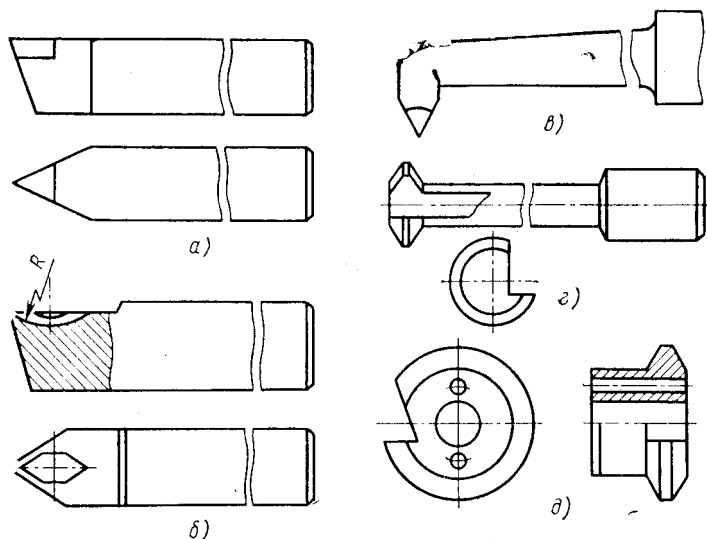
ных, так и на внутренних цилиндрических поверхностях. Канавки под стопорные шайбы, кольца, под сальники, канавки для выхода инструментов из зоны обработки и прочее — «дело рук» прорезных резцов. Их режущая часть соответствует чертежу профиля канавки.

Широко применяют в машиностроении и *резцы для обработки резьбы*. Профиль их режущей части соответствует профилю резьбы. Так угол профиля метрической резьбы равен 60° , а дюймовой — 55° . У резцов же эти углы несколько уменьшены (на $10-20'$) из-за возможной «разбивки» фактического профиля в процессе работы. Так как резьбы делают на наружных и внутренних цилиндрических и конических поверхностях, то по-разному выглядят и сами резцы. Причем на некоторых рез-



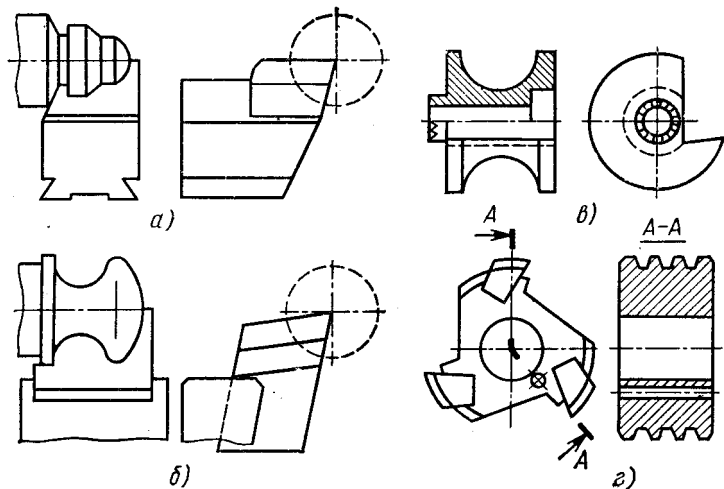
Прорезные, канавочные резцы:

а — для прорезки канавок по наружной поверхности; б — прямоугольный для растачивания внутренних канавок; в — для растачивания профильных канавок под сальник



Резьбонарезные резцы:

а — для наружных резьб; *б* — для наружных резьб с профильной заточкой передней поверхности; *в* — для внутренних резьб; *г* — хвостовой круглый резец для внутренних резьб; *д* — насадной круглый резец



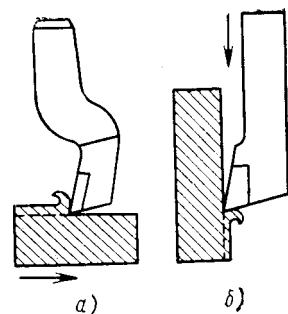
Фасонные резцы:

а, б — призматические; *в* — круглые или дисковые; *г* — круглые с твердосплавными пластинками

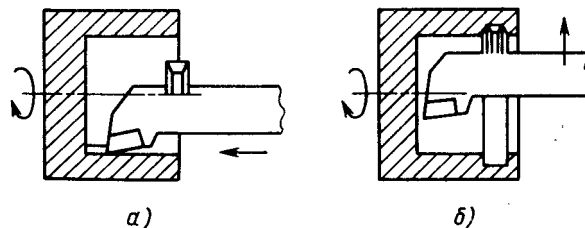
цах можно увидеть дуговую канавку, обрамленную фасками. Это сделано специально для увеличения стойкости поверхности, по которой сходит стружка, и повышения качества резьбы. Из общего числа резьбовых призматических и стержневых резцов выделяют так называемые круглые резцы, которые бывают насадными и хвостовыми. Как Вы, очевидно, догадались, хвостовые резцы особенно удобны для нарезания внутренних резьб.

Резьбовые резцы являются как бы упрощенной разновидностью фасонных резцов. Форма режущей кромки у последних более сложная и зависит от контура обрабатываемой детали. Конечно, хорошо было бы сразу за одну подачу получить деталь с готовым профилем. В действительности так оно и получается благодаря фасонным резцам, но только для небольших деталей. Чрезмерное же увеличение ширины резца приводит к вибрациям, что сказывается на качестве обработки, стойкости и целостности сложного инструмента. Посмотрите на фасонные резцы. Их изготовить не так уж просто.

Однако как ни хороши перечисленные выше резцы, но продольного паза, например, во втулке, ими не сделаешь. Для этого существуют *долбежные резцы*. Они даже похожи на прорезные или расточные упорные резцы. Но условия работы и геометрия у них другие. Их работа все время связана с ударом в момент соприкоснове-



Строгальный (*а*) и долбежный (*б*) резцы



Разные виды работ можно производить многокромочным резцом:
а — растачивание; *б* — прорезание канавки

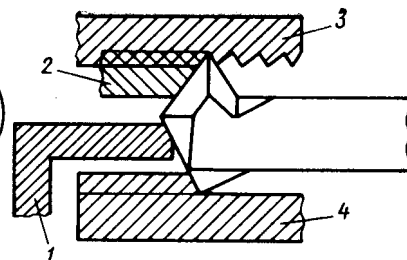
ния с заготовкой. Затем вспомогательный (холостой) ход и снова удар... И так до тех пор, пока не будет сделан паз или канавка на поверхности детали. С ударом связана работа и других резцов — строгальных. Причем им достается и при движении в обратном направлении, когда они поворачиваются вместе с державкой и трутся о поверхность детали. А изогнутыми их сделали не для красоты, а для того, чтобы они свободно скользили и не врезались в поверхность детали при вспомогательном ходе.

Постоянный поиск путей повышения производительности труда сказывается и на конструкции резцов. Чтобы не тратить время на установку другого инструмента в рабочее положение, применяют многокромочные и комбинированные резцы. Такими резцами можно растачивать отверстия, подрезать торцы, снимать фаски, делать канавки и нарезать резьбы. Среди комбинированных резцов оригинальным видом отличается «молоточек».

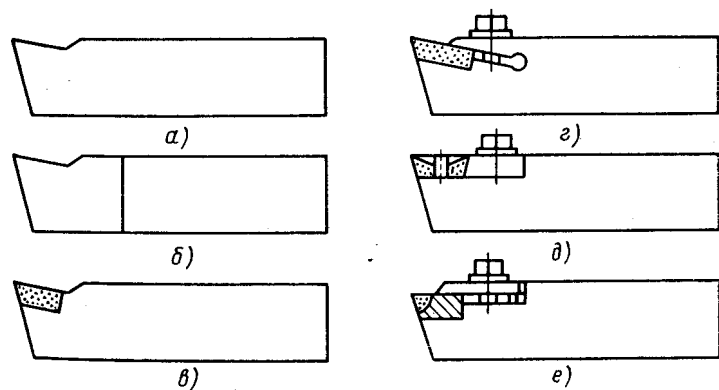
Остановимся на весьма важной *конструктивной особенности резцов*. Все они состоят из двух разных частей: головки, или режущей части с обрабатывающими кромками и рабочими поверхностями, и державки, стержня, зажимной или соединительной части. Функции и условия работы у них разные, поэтому и делают их из разных материалов. К тому же инструментальные материалы дорогие и трудно обрабатываются. Вот и приходится экономить, чтобы было поменьше дорогих, дефицитных и тяжело поддающихся обработке материалов. Так, на смену цельным, сделанным из одной инструментальной стали резцам пришли сваренные. Затем появились резцы с маленькими режущими пластинками из твердого сплава с различными вариантами крепления. Не обошлись и без синтетического алмаза, грани которого едва просматриваются на фоне стального стержня резца.

Резцы закрепляют в суппортах станков и с помощью механизмов получают требуемые и взаимосвязанные перемещения. При этом по расчетам и таблицам выбирают рациональные и наиболее производительные режимы обработки. Все это так. Но процесс резания не будет эффективным, если не придать инструментам требуемую геометрическую форму. Это отлично знают инструментальщики. Им ведь приходится изготавливать с заданной геометрией резцы и многие другие инструменты. В чем же заключаются особенности этих геометрических форм?

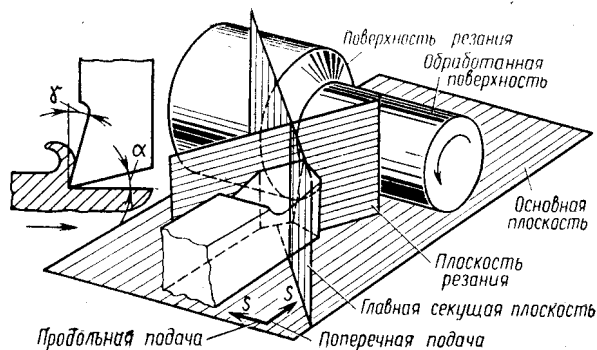
Комбинированным резцом «молоточек» снимают наружную (1) и внутреннюю (2) фаски, нарезают внутреннюю резьбу (3) и растачивают отверстие (4)



Прежде всего, резец представляет собой острый и твердый клин. Он внедряется в обрабатываемый материал и снимает стружку. Стружка упирается, деформируется и скользит по поверхности резца, которую называют передней. Она работает в условиях высоких удельных давлений, температур и жестких режимов трения. Противоположная (задняя) сторона режущего клина обращена к обработанной поверхности детали под некоторым углом, чтобы не вызывать излишнего трения. Этот угол называют задним в отличие от переднего, характеризующего наклон передней плоскости. Клин отличается углом заострения. Мы визуально всегда легко определяем угол заострения любого лезвия — ножа, бритвы, ножниц. Однако не задумываемся и не подозреваем о существовании передних и задних углов. А они-то и играют исключительно важную роль в процессе резания. Именно в процессе резания, потому что от положе-



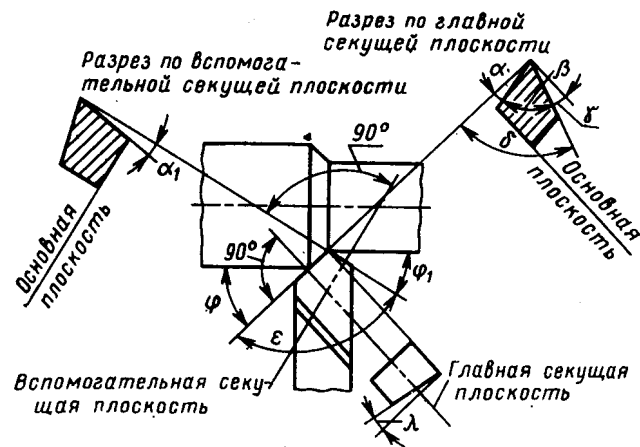
Резцы цельные (а), сваренные (б), с припаянной пластинкой (в), с механически закрепленной пластинкой (г), с поворотной твердосплавной пластинкой (д), с алмазной вставкой (е)



Наука о резцах начинается с определения этих плоскостей

ния режущего клина зависит, как легко он будет проникать в обрабатываемый материал.

Сначала резец нужно правильно сориентировать в пространстве, установить в рабочее положение. Для этого его помещают на плоскость, совпадающую с направлениями продольной и поперечной подач. Эту плоскость называют основной, что очень точно характеризует ее роль во всех дальнейших геометрических построениях. Режущая кромка резца образует поверхность резания. Через режущую кромку перпендикулярно к основной плоскости проводят плоскость резания. Если режущих кромок несколько, как у проходного токарного резца, то плоскость резания мысленно проводят через главную режущую кромку, то есть через ту, которая осуществляет основную работу резания. Остальные кромки вспомогательные. Главная — срезает основной припуск материала детали, вспомогательная — ее как бы поддерживает, усиливает, устраняет «огрехи». Обе кромки расположены так, что составляют угол при вершине резца ϵ . Главная режущая кромка проходного резца не всегда находится с его левой стороны. Она может быть и с правой. Все зависит от направления продольной подачи. Поэтому резец называют левым или правым. Положим на резец ладонь руки пальцами к его вершине таким образом, чтобы большой палец был обращен к главной режущей кромке и указывал направление продольной подачи. Если большой палец правой руки показывает влево, то это — правый резец.



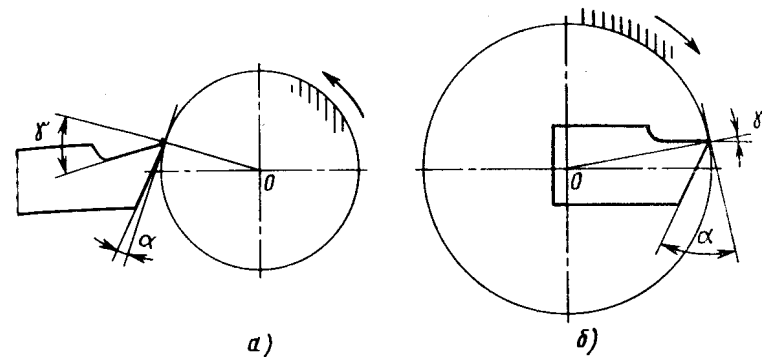
Секущие плоскости позволяют определить углы резца

Положим резец на стол и осветим его так, чтобы тень проектировалась на плоскость стола. Она совпадает с положением основной плоскости, что облегчит понимание дальнейших рассуждений. В результате от света на столе появляются проекции режущих кромок, контур обрабатываемой поверхности. Можно представить себе след от плоскости резания. Видны угол при вершине резца ϵ , главный ϕ и вспомогательный ϕ_1 углы в плане. Это очень важные элементы геометрической формы резца. Чем меньше главный угол в плане ϕ , тем большая часть главной режущей кромки участвует в работе резания. Чрезмерное же уменьшение величины вспомогательного угла в плане приводит к ухудшению качества обработанной поверхности.

Главная режущая кромка может быть наклонена к основной плоскости. В зависимости от ее наклона изменяются условия резания и направление схода стружки с передней поверхности резца. Угол наклона главной режущей кромки $\lambda=0$, если она параллельна основной плоскости. Угол становится положительным, когда вершина резца является самой нижней точкой главной режущей кромки. При положительном угле наклона режущая кромка лучше защищена от ударов. Угол наклона называют отрицательным, когда вершина находится выше всех других точек режущих кромок.

Проведем мысленно еще одну плоскость (ее называют главной секущей) перпендикулярно к проекции (тени) главной режущей кромки на основную плоскость. Если полученное сечение повернуть и совместить с плоскостью чертежа или основной плоскостью, то увидим клин, его угол заострения β , о котором шла речь выше, передний γ и задний α углы. Хорошо будет видно, что передний угол образуется между передней поверхностью резца и перпендикуляром к поверхности резания, проведенным через заданную точку режущей кромки. Почему мы оговариваем заданную точку режущей кромки? Да потому, что главная режущая кромка не обязательно прямая. Она может быть криволинейной. Передний угол в таком случае будет принимать разные значения, в зависимости от положения выбранной точки, через которую проведена главная секущая плоскость. В свою очередь, задний угол заключен между плоскостью резания и плоскостью, касательной к задней поверхности. И опять же в заданной точке режущей кромки.

В сумме углы передний и задний и заострения составляют 90° . Но это не значит, что их значения постоянны. Их изменяют в зависимости от свойств материалов детали и инструмента, условий резания, требований к качеству обработанной поверхности и даже с учетом стоимости обработки. Так, передний угол обычно лежит в пределах от 0 до 30° , а задний — от 5 до 15° . Но что делать, если нужно обработать материал повышенной твердости, прочности или применить повышенные режимы резания? Очень острый клин для таких условий не пригоден, слишком слаба режущая кромка. В этих случаях ее специально притупляют. Стачивают вдоль всей кромки небольшую ($0,3...0,5$ мм) фаску или закругляют кромку небольшим радиусом. Кромка становится более массивной, прочной. Теперь можно увеличить нагрузку, силу резания, производительность труда. Новая передняя поверхность, возникающая при стачивании фаски, выходит за пределы привычной суммы углов в 90° . Увеличивается и угол заострения. Поэтому передний угол условно называют положительным, если он вписывается в сумму углов, равную 90° , и отрицательным, если положение передней поверхности увеличивает эту сумму. Значения отрицательного угла могут достигать до 15° . Если передняя поверхность вообще не имеет наклона, то есть расположена параллельно основной плоскости, то передний



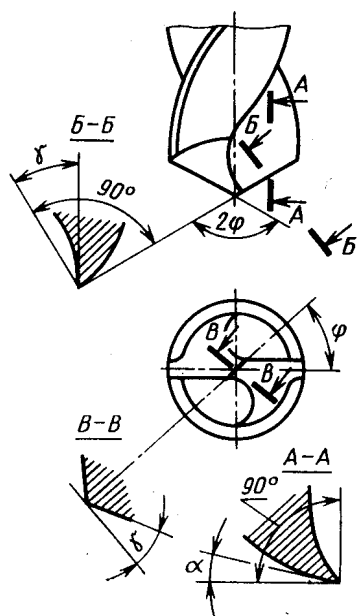
От установки резца относительно оси вращения детали зависят величины переднего и заднего углов как при точении (а), так и при растачивании (б)

угол равен нулю. Инструменты с нулевыми значениями переднего угла чаще всего используют в тех случаях, когда нужно сохранить постоянство размеров и форму профиля режущей кромки, то есть в конструкциях особо сложных, точных и дорогих инструментов.

Разговор о передних и задних углах можно было бы закончить, если бы не одно важное обстоятельство. Они меняются в зависимости от положения вершины резца относительно оси вращения детали. Если вершина резца находится выше центра детали, то передний угол увеличивается, а задний уменьшается в случае наружного точения. А при расточке все наоборот. Получается, что при закреплении резца на суппорте станка токарь обязательно должен обращать на это внимание и проявлять необходимую точность в его установке. Иначе можно не только повредить поверхность детали, но и вывести резец из строя, к тому же, потерять ценное рабочее время.

Все резцы, с которыми мы кратко познакомились, отличаются друг от друга своей геометрией. Это объясняется спецификой условий резания и технологических операций, для которых они предназначены. Поэтому изготовление резцов является делом разнообразным и сложным. И его невозможно осуществлять без знаний основ инструментального дела. А их азбукой являются углы, плоскости. О некоторых, наиболее важных, мы рассказали.

Инструментальщики изготавливают не только резцы, но и такие самые необходимые инструменты для полу-

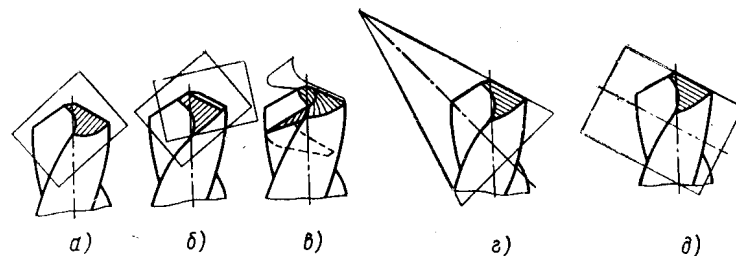


Инструментальщики не только хорошо знают геометрию спиральных сверл, но их изготавливают

сверло большого диаметра, то видна и его ленточка, переходящая в спинку зуба. Ленточка направляет сверло в отверстие и снижает трение, хотя и несколько ослабляет тело зуба. Она вьется по каждому зубу вдоль оси сверла. Причем угол наклона винтовых канавок спиральных сверл, хорошо различимый сбоку или на главном виде, не у всех одинаков — крутой при обработке хрупких материалов и пологий для пластичных. Кроме того, он возрастает с увеличением диаметра сверла. Угол при вершине сверла 2ϕ выбирают в зависимости от свойств материалов, подлежащих сверлению. Для стали и чугуна $2\phi = 116...118^\circ$, для алюминия $2\phi = 130...140^\circ$, а для эбонита $2\phi = 85...90^\circ$.

Зуб сверла, как и любого клина, имеет угол заострения. Вместе с передним и задним углами он составляет 90° . Углы γ и α так же, как и для резцов, определяют в секущих плоскостях, но здесь имеются свои тонкости. Так, передний угол измеряют в плоскости, перпендикулярной к главной режущей кромке сверла, а задний — в

чения отверстий, как сверла. Наиболее часто при обработке материалов резанием применяют спиральные сверла, у которых по винтовой поверхности свернуты зубья (большой частью их два). В этом можно легко убедиться, если посмотреть на сверло с торца со стороны режущей части. Конечно, цилиндрический или конический хвостовик, предназначенный для закрепления сверла, никто не примет за режущую часть. С торца режущей части мы видим два зуба, задние поверхности этих зубьев, перемычку на их пересечении и даже передние винтовые поверхности. При пересечении передних и задних поверхностей образуются главные режущие кромки сверла. Если

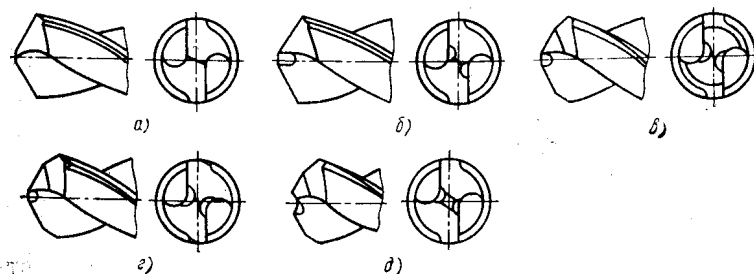


Заднюю поверхность каждого зуба сверла затачивают по одной плоскости (а), двум плоскостям (б), винтовой поверхности (в), конической поверхности (г), цилиндрической поверхности (д)

секущей плоскости, касательной к цилиндрической поверхности, соосной с продольной осью сверла, и обязательно в заданной точке режущей кромки. Это не прихоть для усложнения и без того сложной картины, а необходимость. Дело в том, что углы γ и α изменяют свою величину от периферии сверла к центру. Если в центральной части сверла задний угол $\alpha = 20...26^\circ$, то у периферии $\alpha = 8...14^\circ$. Передний угол ближе к центру уменьшается и становится даже отрицательным.

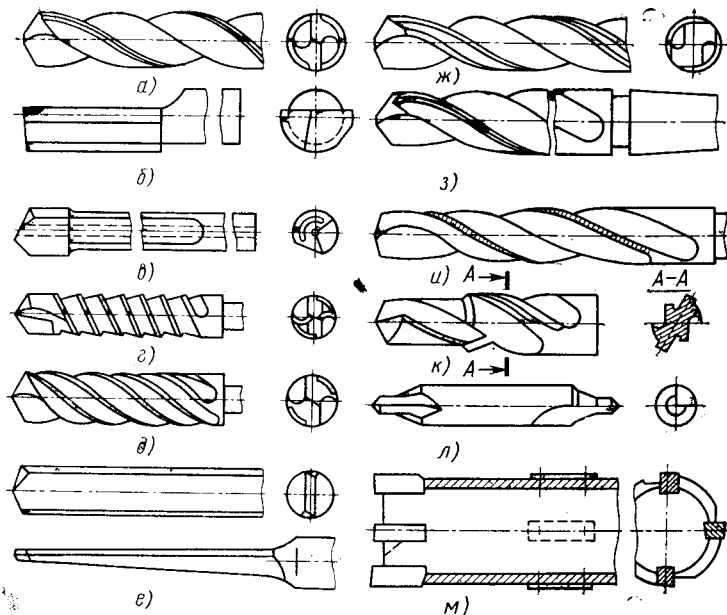
Задней поверхности зуба сверла уделяют большое внимание.

Как ни стараются ее затачить, чтобы достичь наилучших результатов! Ее затачивают по одной или двум пересекающимся плоскостям, по винтовой, конической или цилиндрической поверхностям. Однако, несмотря на это разнообразие, задний угол в исследуемой точке режущей кромки все равно зависит от положения двух



Варианты затачивания спиральных сверл:

а — нормальная; б — нормальная с подточкой поперечной кромки; в — двойная с подточкой поперечной кромки; г — двойная с подточкой поперечной кромки и ленточки; д — двойная с подточкой и срезанной поперечной кромкой



Разнообразные сверла создают инструментальщики:

а — спиральное двузубое; б — пушечное; в — ружейное; г — шнековое; д — четырехленточное; е — перовое; ж — с уплотняющими ленточками; з — коническое; и — коническое со стружкоотделительными канавками на ленточках; к — комбинированное с несколькими диаметрами сверления; л — центровочное; м — кольцевое

плоскостей, одна из которых является касательной к задней поверхности, а другая — касательной к поверхности резания. Иными словами, сохраняется определение, с которым мы ранее познакомились.

Эксплуатационные свойства сверл стараются все время улучшить. Для этого есть много путей. Один из них — совершенствование геометрии затачивания режущей части сверл. Делают подточку поперечной кромки и ленточки, двойную заточку под разными углами и даже срезают поперечную кромку и прочее. Все должно быть научно обосновано и подтверждено практикой.

Итак, мы познакомились, так сказать, со стандартным спиральным сверлом. Но инструментальщики делают и другие сверла. Вот перед нами *пушечное сверло*. Это полукруглый стержень, плоская поверхность которого играет роль передней поверхности. А задняя поверх-

ность также плоская, так как образована путем снятия угловой лыски или скоса на торце сверла. Как мы уже знаем, в результате пересечения передней и задней поверхностей образуется режущая кромка. И здесь аналогично. Только главная режущая кромка получается одна, а не две, как у спирального сверла. Пушечное сверло работает в тяжелых условиях. Судите сами — стружка отводится плохо, полусилиндрический стержень третса о стенки отверстия, возникающая теплота отводится плохо. Правда, делают еще дополнительные скосы, небольшой обратный конус на длине рабочей части сверла. Но ружейные сверла лучше. Они, во-первых, полые, что удобно для подвода смазочно-охлаждающей жидкости, во-вторых, они лучше направляются в отверстия и, наконец, обеспечивают непрерывный процесс резания и высокое качество обработки, хотя они и однокромочные.

Для глубокого сверления изготавливают и шнековые сверла. Они действительно похожи на шнеки из-за повышенного угла наклона винтовых канавок и их прямолинейного треугольного профиля в осевом сечении. У шнекового сверла более толстая сердцевина, диаметр которой не изменяется по длине инструмента, есть передние и задние поверхности и две ленточки. Однако не думайте, что сверлам присущи максимум две ленточки. В доказательство, что это не всегда так, полюбуемся спиральным сверлом с четырьмя ленточками. Такое сверло лучше центрируется в отверстии.

Вот перед нами инструмент, который сразу и не назовешь сверлом. Он не имеет винтовых канавок и вообще чем-то напоминает перо птицы. Это и есть *перовое сверло* — наиболее простое из всех сверл по конструкции. В принципе оно представляет собой пластинку, заточенную с торца под два режущих зуба. Как положено, зубья имеют переднюю и заднюю поверхности, соответственно и углы. Правда, передний угол — отрицательный, что является недостатком, ухудшающим процесс резания. Недостатков у перового сверла предостаточно — плохой отвод стружки, склонность к нагреву, неважное направление в отверстиях, малое число возможных переточек. Но что поделаешь — за простоту надо расплачиваться.

Если Вас спросят: «Можно ли просверлить коническое отверстие?». Не спешите с ответом, не прочтя далее наш рассказ. Вот, они — *конические спиральные*

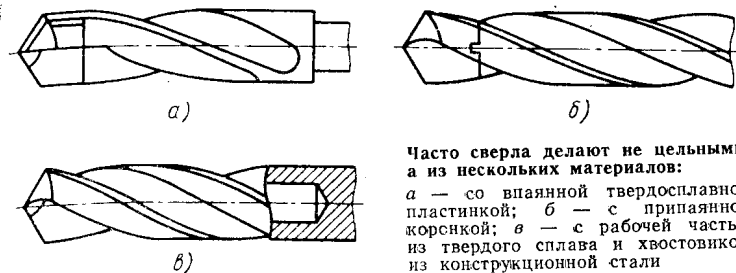
сверла, о существовании которых даже не все знают. Любопытно, если ленточки цилиндрических спиральных сверл не являются режущими, то у конических каждая ленточка имеет задний и передний углы и, как положено резцу, режущую кромку. Чтобы ленточка-зуб не снимала длинную стружку, на ней делают в шахматном порядке раздельные канавки.

Выполняя заказы промышленности, инструментальщики создают и *ступенчатые сверла*, в которых объединены сразу несколько сверл разных диаметров. Таким комбинированным инструментом можно за один рабочий ход сделать ступенчатое отверстие. Быстро и легко! Правда инструмент сложноватый. Но на то есть специалисты по его изготовлению. К комбинированным сверлам можно отнести и центровочные. Ими не только засверливают глухое отверстие небольшой глубины, но и оформляют его вход по одной или двум коническим поверхностям. В такое отверстие входит коническая часть неподвижного или вращающегося так называемого центра токарного или шлифовального станка.

Интересно и сверло, похожее на трубу большого диаметра. На торце трубы закреплены твердые пластинки, заточенные так же, как режущие зубья. На наружной поверхности этой трубы перед каждой пластинкой срезаются лыски для отвода стружки. Это сверло применяют для *кольцевого сверления*. При его работе сердцевина не превращается в стружку, а остается в виде сплошного цилиндрического столбика. Вспомните костяное сверло древних! Экономия материала, энергии и времени, затраченного на процесс обработки, налицо.

Сверла, как и резцы, стараются сделать с максимальной экономией дорогих материалов, повышая при этом их долговечность. Противоречивые требования — подешевле и получше! Их удается решить путем изготовления сверл из комбинации разных по свойствам материалов: сталей, твердых сплавов и даже алмазов.

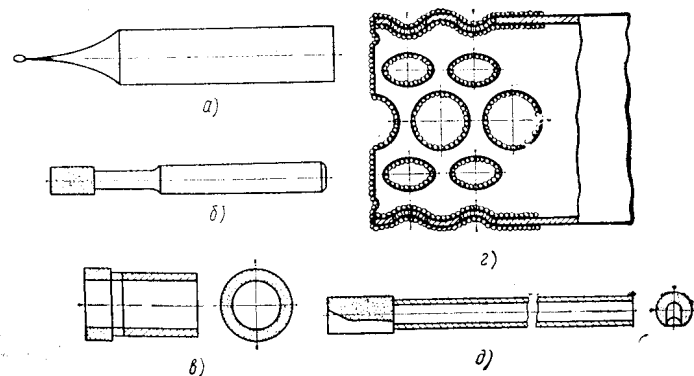
Весьма похож на сверло другой вид инструмента — **зенкер**. Не посвященный в тонкости человек может легко приобщить зенкер к сверлу. Он, так же как и сверло, имеет хвостовик с лапкой, шейку и винтовые канавки на рабочей части. К тому же и зенкером обрабатывают отверстия. Правда, его применяют после сверла, когда надо получить углубление в отверстии под шайбы и головки винтов, сделать конические фаски или выровнять



Часто сверла делают не цельными, а из нескольких материалов:
а — со впаянной твердосплавной пластинкой; б — с припаянной коронкой; в — с рабочей частью из твердого сплава и хвостовиком из конструкционной стали

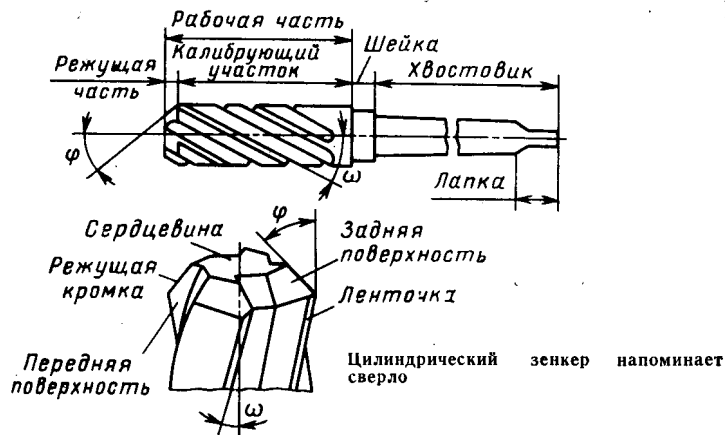
плоскости приливов. Конечно, это делают не одним зенкером, а разными, поэтому они и отличаются по конструкции. Назначение зенкеров определяет форму их рабочей части и геометрию зубьев.

У *цилиндрического зенкера* основная нагрузка при обработке возникает на небольшом конусе, где расположена его режущая часть. Этот конус характеризуется углом в плане ϕ . Передние и задние поверхности хорошо видны с торца цилиндрического зенкера, как и сами зубья. Тем более, что торец или сердцевина у него плоская, на ней нет перемычки, так как она зенкеру и не нужна. Им ведь не сверлят отверстие, а только расширяют, дорабатывают, снимая небольшой припуск конической режущей частью зенкера. А почему же тогда остальная часть зенкера, цилиндрическая, названа рабочей? Все правильно, она тоже работает, вернее, дораба-



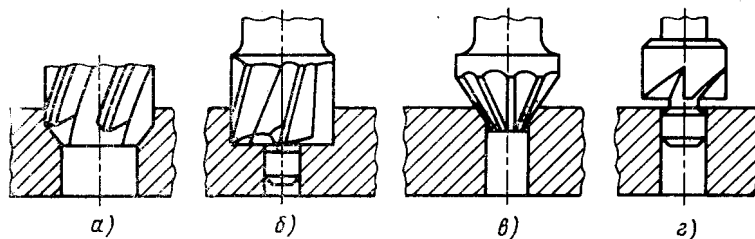
Алмазные сверла:

а — стержневое сверло-игла; б — с цилиндрической алмазной головкой; в — трубчатое; г — кольцевое, трубчатое перфорированное; д — подковообразное

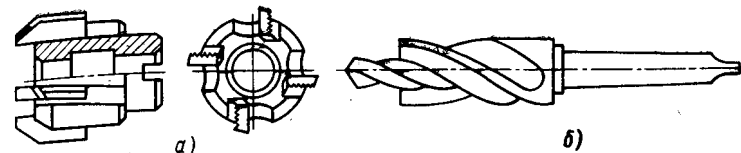


тывает отверстие — калибрует. В этом ей помогают ленточки.

Если зенкеры предназначены для обработки углублений под головки винтов, то их изготавливают с выступающей направляющей цапфой. Такие зенкеры имеют зубья на торцевой поверхности. Они-то и делают углубление в отверстии, формируют буртик или плоское дно. А зубья на цилиндрической части инструмента обрабатывают стенки отверстия. Однако есть зенкеры, которым зубья на цилиндрической поверхности просто не нужны. Они прекрасно обходятся только торцовыми зубьями со своими режущими кромками, когда выравнивают плоскую поверхность перед входом в отверстие. Когда же надо обработать отверстие на конус, то берут специально предназначенный для этого *конический зенкер*. Как правило, зубья конических зенкеров расходятся под углом 30, 60,



Зенкерами увеличивают диаметр цилиндрических отверстий (а), делают цилиндрические (б) и конические (в) углубления под головки винтов, обрабатывают плоскости приливов и бобышек (г)

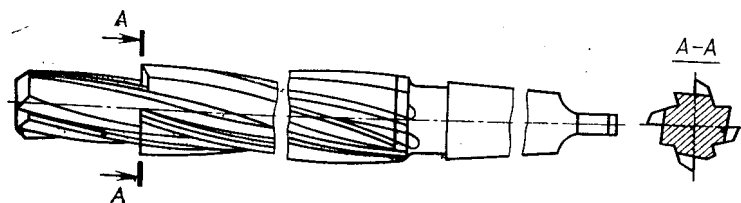


Зенкеры бывают насадными с твердосплавными пластинками (а) и комбинированными (б)

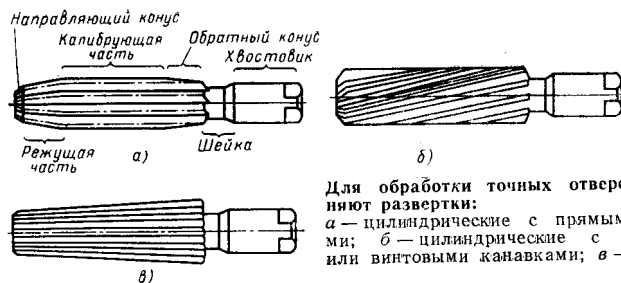
90 и 120°. Наиболее распространен угол 60°, особенно при зенкеровании центровых отверстий.

Не всегда зенкеры делают цельными, совместно с хвостовиком. Примером может служить насадной зенкер, головка которого имеет закрепленные пластинки из твердого сплава. Изготавливают даже сверло-зенкеры. И сверло, и зенкер в одном инструменте! Интересно, что сверло в таком комбинированном сочетании не только сверлит, но и центрирует идущий следом зенкер. К комбинированным инструментам можно отнести зенкеры для одновременной обработки отверстий разных диаметров. Мало того что они имеют ступени по своему диаметру, у них для каждой режущей кромки каждого зуба еще и создается прямая или винтовая канавка и соответствующая ленточка. Чего только не делают инструментальщики, чтобы добиться повышенного срока службы и качества своих изделий!

Машиностроителям хорошо известно, что одними сверлами точное отверстие получить нельзя. Для этого нужен другой инструмент — **развертка**. Ее вводят в просверленное отверстие и, вращая и надавливая вдоль продольной оси, постепенно развертывают отверстие. Глядя на развертку, можно уже по аналогии со сверлом или зенкером определить ее рабочую часть, шейку и хвостовик. Однако выделить на самой рабочей части другие



За один рабочий ход зенкером можно сразу обработать ступенчатое отверстие



Для обработки точных отверстий применяют развертки:
 а — цилиндрические с прямыми канавками;
 б — цилиндрические с наклонными или винтовыми канавками; в — конические

зоны уже затруднительно. Развертка снимает малый припуск и поэтому отличия в размерах зон не очень заметны. Тем не менее они есть и играют важную роль при обработке. Сначала идет направляющий конус, затем режущая или заборная часть, которая выполняет основную работу резания. Далее следует цилиндрическая калибрующая часть. Она направляет развертку в отверстие и калибрует его, обеспечивая необходимую точность и шероховатость. Цилиндрическая поверхность вращения сменяется обратным конусом, облегчающим вывод инструмента из отверстия. Обратный конус едва заметен, так как разница между его наибольшим и наименьшим диаметрами составляет всего несколько сотых долей миллиметра.

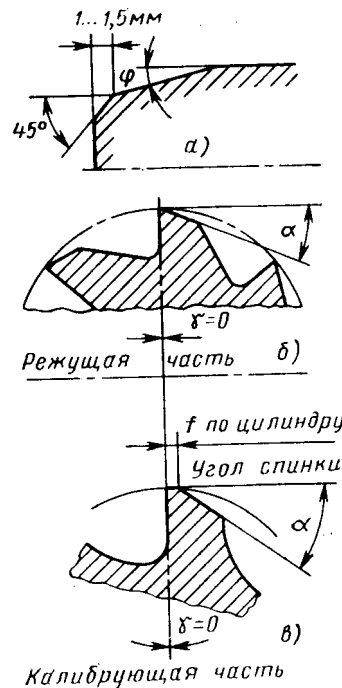
Развертки, как правило, — многолезвийные инструменты. Число зубьев у них зависит от диаметра; их может быть от шести до двенадцати. Развертки бывают прямые и винтовые. Причем винтовые развертки делают с разным направлением закручивания зубьев (влево или вправо). Прежде всего их рекомендуют применять для развертывания отверстий с канавками, пазами, надрезами. Винтовые зубья тогда не «проваливаются», не цепляются за торцы канавок, а плавно их переходят. К тому же получают меньшие параметры шероховатости поверхности обработанного отверстия. Чтобы облегчить процесс резания, главный угол в плане ϕ у ручных разверток может быть до $1,5^\circ$, а у машинных — $4...15^\circ$ в зависимости от обрабатываемого металла, то есть меньше, чем у сверла или зенкера. Но развертки есть не только цилиндрические, но и конические. Ими обрабатывают точные отверстия под конические штифты, резьбы и т. п.

Обратите внимание на профиль зуба развертки. Он получается в натуральную величину в сечении плоско-

стью, перпендикулярной к режущей кромке. Задний угол α обычно составляет $4...12^\circ$. А где же передний угол? Он равен нулю, поскольку зуб развертки работает в зоне малых толщин срезаемого слоя. Однако для черновых разверток (есть и такие) передний угол все-таки делают в $5...10^\circ$, особенно у разверток, предназначенных для обработки вязких материалов. Зубья на режущей и калибрующей частях развертки разные, так как у них разные функции. Калибрующие зубья имеют ленточки, которые направляют развертку в отверстие. Ширина ленточек $0,05...0,30$ мм. Вроде бы узенькие, но исключительно ценные в практическом отношении.

Разговор о развертках можно было бы закончить, если бы не одно важное обстоятельство. Зубья разверток расположены неравномерно по окружности. Не ошибка ли это, допущенная при изготовлении? Нет, не ошибка. Все правильно! Зубья разверток распределяются по окружности неравномерно с целью предупреждения появления на обрабатываемых поверхностях продольных рисок и огранки. Но делается это с таким расчетом, чтобы каждая пара зубьев лежала бы на одном диаметре развертки. Попробуйте иначе измерить диаметр развертки. Можно, но сложно. Вот и изготавливают инструментальщики такие оригинальные развертки.

Мы рассмотрели в общем виде технологию последовательной обработки отверстия сверлом, зенкером и разверткой. Однако нужно подчеркнуть, что этот «классический» метод постепенно уходит в прошлое. Стати-

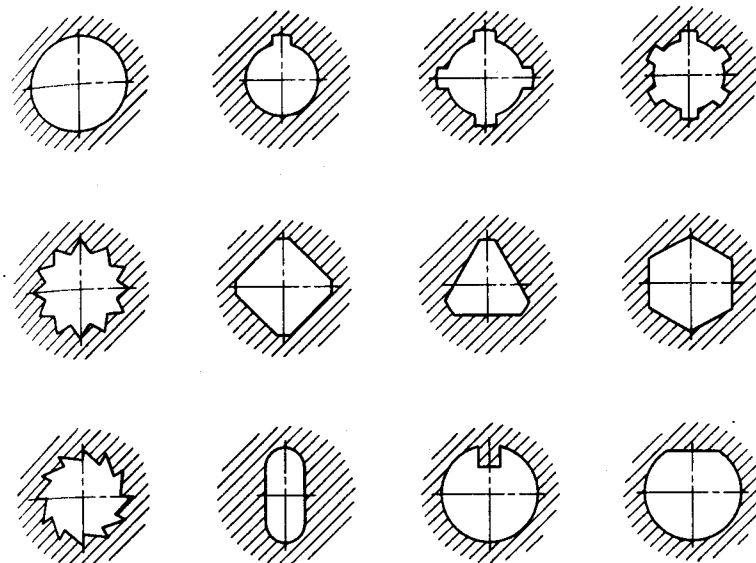


Основная работа резания осуществляется режущей (заборной) частью развертки (а), поэтому режущие зубья (б) отличаются от калибрующих (в)

стика показывает, что применение зенкеров и разверток сокращается. Во многом это обстоятельство связано с неэффективностью инструмента, имеющего только один диаметр и выходящего из строя, как только этот диаметр стал меньше допустимого. Фактически из всей массы металла в таком инструменте полезно используется менее одной сотой доли процента, не говоря уже о сложности конструкции инструмента, необходимости иметь огромное количество инструментов различных размеров, сложности переточки и т. д. Поэтому классическая технология последовательной обработки отверстий сверлом, зенкером и разверткой постепенно уступает место технологии с применением **регулируемых расточных блоков** или специальных расточных станков для тонкой алмазной расточки, позволяющих осуществить тонкую микрометрическую подачу однолезвийного инструмента, обеспечивающего высокую точность обработки при большой производительности труда.

Детали различных машин часто имеют не только круглые или конические отверстия, но и отверстия более сложной формы. Квадратные, ромбические, треугольные отверстия, с одним или многими пазами прямоугольной и другой конфигурации, с лысками, выступающими язычками и многие другие — далеко не полный перечень отверстий сложной формы. И во всех случаях необходимо иметь для этого наиболее удобные и производительные инструменты. К сожалению, такие сложные отверстия сверлом, зенкером или разверткой не сделаешь. Вот и приходится применять другой вид инструментов — **протяжки**.

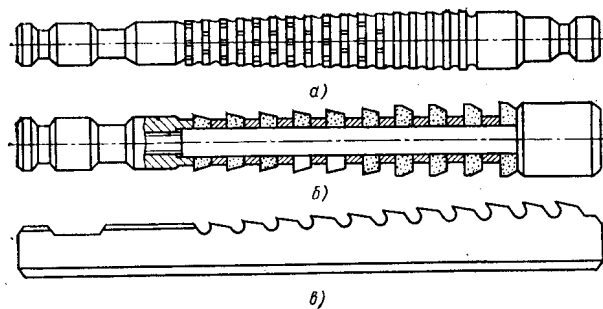
Протяжка состоит из набора резцов, поставленных друг за другом. Причем каждый последующий зуб выдвинут несколько больше и снимает только тот слой металла, который для него предназначен. А чтобы осуществлялся процесс резания, протяжку тянут, протаскивают через отверстие. В результате оно получается требуемых размеров и формы. Зубьям придается форма в соответствии с чертежом отверстия. Так быстро, за один рабочий ход инструмента и достигается поставленная цель. Но чтобы достичь высокой производительности, точности обработки и качества, протяжки необходимо сделать с соблюдением многих и достаточно высоких требований. Над их изготовлением надо хорошо потрудиться, поэтому протяжки дороги. Их применяют в мас-



Такие отверстия обрабатывают протяжками

совом производстве, где сравнительно быстро окупаются затраты на их приобретение.

Итак, протяжка состоит из разных по своим функциям частей. Во-первых, она имеет хвостовик и шейку, с помощью которых происходит ее зацепление с тянущим штоком станка. Затем следует передняя направляющая часть. Ее значение трудно переоценить, так как она выполняет исходное центрирование, направление инструмента в отверстия перед входом режущих зубьев. За режущей частью расположены калибрующая и задняя направляющая поверхности, опорная цапфа и снова хвостовик. Инструмент с двумя хвостовиками. Не много ли? Не больше, чем нужно. Если за один — передний хвостовик — тянут, то за другой протяжку в основном поддерживают во избежание перекосов и деформаций. Протяжка ведь длинная и может работать только на растяжение, как струна или спица. Причем не всегда протяжки делают цельными. Кажется, меньше хлопот изготовить инструмент из одного куска металла. Но это оказывается не всегда приемлемо. И материал дорогой, и его механическая обработка не из легких. Да и терми-



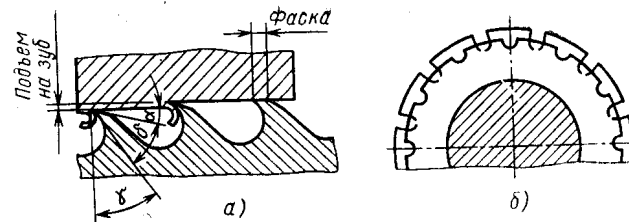
Протяжки:

a — цилиндрическая цельная; *б* — сборная с твердосплавными зубьями; *в* — шпоночная

ческая обработка вызывает свои сложности. Поэтому по возможности протяжки делают сборными: зубья из одного материала, твердого и износостойкого, а корпус — из другого. Все это собирают механическим путем или с помощью сварки, наплавки. Много здесь есть интересных конструкторских решений. Например, оригинально устроена протяжка, состоящая из набора твердосплавных зубьев, стянутых между собой длинным и прочным стержнем. Если ломается один зуб у протяжки, то его можно легко заменить другим. И снова инструмент готов к работе.

Нельзя сказать, что все протяжки одинаковые. Протяжками обрабатывают внутренние и наружные поверхности, цилиндрические и плоские. Протяжки бывают даже непрерывного действия. Представьте, что на бесконечной ленте типа гусеницы трактора, закреплены детали. А протяжка расположена над ними неподвижно. При движении ленты детали непрерывно попадают под протяжку и она их обрабатывает. Успевай только подкладывать новые. Детали могут быть установлены и на плоскости вращающегося стола, у края которого находится неподвижная протяжка. Принцип тот же, и результат аналогичный.

Все протяжки имеют много зубьев. В принципе это те же самые резцы с известным нам углом заострения, передней и задней поверхностями. Однако у них есть и свои особенности. Где, например, скапливается стружка в момент ее образования при обработке отверстия? Стружка может собраться только в канавках между



режущие зубья протяжки имеют подъем на зуб, а калибрующие — фаску (*a*). Для дробления стружки на зубьях прорезают канавки (*б*)

зубьями, но там мало места. Вот и испытывают муки творчества инструментальщики, совершенствуя профиль канавок для схода стружки. И еще. Круглый зуб протяжки должен снимать в стенке отверстия кольцевую стружку. Сделайте несколько деталей протяжкой и в каждой канавке Вы получите колечки из стружки. Как очистить канавки от стружки? Разорвать колечки? Работа не из легких. Но поступают иначе. Просто на каждом зубе делают стружкоразделительные канавки и их располагают по длине протяжки в шахматном порядке. Теперь в процессе резания уже образуются не колечки, а небольшие дужки. Стоит протяжке выйти из тесноты отверстия, как такие дужки сами осыпаются в корыто станка. Интересный все-таки инструмент — протяжка. Если будете на заводе, то обязательно посмотрите, как она красиво выглядит и как грациозно перемещается, совершая обработку. Не забудьте вспомнить и тех кто ее изготавливает.

Совсем не похожи на протяжки **фрезы**. Обработку с их применением называют фрезерованием. По производительности фрезерование уступает лишь наружному протягиванию. И нет такого завода с механическим циклом обработки материалов, и особенно металлов, где бы не использовали фрезерование. Фрезы — широко распространенный инструмент. Этому в немалой степени способствует разнообразие их типов, форм и размеров. Большая потребность во фрезах потребовала строительства специализированных инструментальных заводов. Кому не известен, например, крупнейший в мире московский завод «Фрезер»? Конечно, это не означает, что завод «Фрезер» выпускает только фрезы. Это действительно специализированный инструментальный завод. Но по-

строен он был с целью обеспечения потребностей народного хозяйства в режущих инструментах широкой номенклатуры, в том числе стандартными сверлами, метчиками, плашками и фрезами.

Но вернемся к фрезам, чье появление определило целую эпоху в развитии древних процессов обработки материалов и, в особенности, современных металлов. Так, что же представляют собой эти инструменты?

Часто фрезы различают или классифицируют по технологическому признаку, указывая на их назначение, например, фрезы для обработки плоскостей, пазов, фасонных поверхностей, резьб, зубчатых колес и прочие. Но обработать плоскость ведь можно как цилиндрическими, так и торцовыми фрезами. Поэтому в основном фрезы называют таким образом, чтобы выделить их главное достоинство. Если теперь мы скажем, что фрезы бывают цилиндрические с прямыми и винтовыми зубьями, торцовые, дисковые, прорезные, отрезные, концевые, угловые, фасонные, модульные, то не совсем четко разграничим их конструктивные признаки и назначение. Вдумаемся в названия фрез — дисковые и прорезные. Одно акцентирует форму — диск, а другое — назначение, т. е. — для прорезки. Образность, доходчивость таких названий фрез, удобство в производственном обиходе делает последнее перечисление весьма распространенным.

Само название цилиндрических фрез указывает на их вид. Но внешне они не очень-то похожи на гладкий цилиндр из-за выступающих зубьев. Другое дело, когда фрезы начинают вращаться вокруг продольной оси вместе со шпинделем горизонтально-фрезерного станка. Тогда становится видна достаточно широкая цилиндрическая поверхность. Эти фрезы делают с прямыми или винтовыми зубьями. Причем винтовые зубья предпочтительнее, так как обеспечивают более плавную работу фрезы и к тому же с меньшими вибрациями. Зачем же тогда применять фрезы с прямыми зубьями? Во-первых, их легче изготовить, а во-вторых, они незаменимы при обработке узких плоскостей. Только что мы выяснили, что цилиндрические фрезы с наклонными, винтовыми зубьями работают плавно, спокойно. Но из-за наклона винтовых зубьев, особенно в $30...45^\circ$, возникают значительные осевые силы, которые так и норовят вывести фрезу из зоны обработки. Чтобы предотвратить увод фрезы, поставили рядом с ней такую же точно, как и она сама, «соперни-

цу», но наклон зубьев у нее направили в другую сторону. Вот и прижимаются друг к другу две фрезы. Так они дружно в паре и работают, сводя на нет свои возможности хоть немного сдвинуться в осевом направлении.

Если ось вращения цилиндрических фрез параллельна обрабатываемой поверхности, то у *торцовых* она перпендикулярна. Интересно, что у торцовых фрез главную работу резания осуществляют боковые режущие кромки, а те, которые расположены с торца, им помогают, являясь вспомогательными. Эти фрезы более жесткие, плавно работают, в их корпусах удобно закреплять режущие элементы механическим способом. К тому они же обеспечивают производительность, большую, чем цилиндрические фрезы, поэтому торцовые фрезы предпочтительнее цилиндрических при обработке плоскостей.

Для фрезерования различных пазов и канавок применяют *дисковые фрезы*. В зависимости от назначения им обязательно делают зубья на цилиндрической поверхности, а также на одном или обоих торцах. Тогда и называют эту фрезу дисковой двухсторонней, трехсторонней. Дисковые фрезы имеют главные режущие кромки на цилиндрической поверхности. Они берут на себя основную часть работы. А боковые режущие кромки, если таковые имеются, являются вспомогательными. Хотя они и принимают незначительное участие в процессе резания, но все же необходимы, ибо боковые зубья способствуют более качественной обработке стенок канавок и пазов.

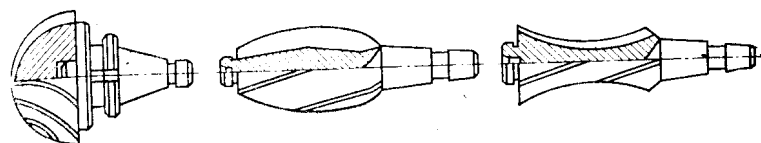
Очень близка к дисковой фрезе дисковая пила. По сути, это та же дисковая фреза, но тонкая и с зубьями только на узкой цилиндрической поверхности. Вот где хорошо видна аналогия с обычным резцом. Но и здесь есть своя тонкость. На зубьях дисковой пилы снимают поочередно фаски то с одной стороны, то с другой. В результате режущая кромка каждого зуба становится немного меньше, но зато для стружки это более удобно. Ничего не поделаешь, ведь пила прорезает узкую щель, где тесно зубьям, торцам пилы, стружке, куда плохо проникает смазочно-охлаждающая жидкость и где возникает высокая температура. Прорезание узких пазов и разрезание материалов проходит нелегко.

Широко применяют в машиностроении *концевые фрезы*. Шпоночные пазы, контурные выборки, канавки, усту-

пы в теле детали и многое другое обрабатывают с помощью концевых фрез. Главные режущие кромки концевых фрез расположены на цилиндрической поверхности, а вспомогательные — на торце. Красивы концевые фрезы с наклонными или винтовыми зубьями и работают они как-то с внешним зрелищным эффектом, особенно при обработке на станках с программным управлением по всем трем координатам. Концевые фрезы разнообразны: шпоночные, угловые, для Т-образных пазов, копировальные, конические, пальцевые, модульные и прочие. При этом не всегда основную работу резания выполняют зубья, расположенные на цилиндрической поверхности концевой фрезы. Например, при врезании в глубь металла концевая шпоночная фреза сначала действует как сверло и в момент осевой подачи ее торцовые кромки берут на себя основную работу резания и становятся главными. При включении же продольной подачи основная работа приходится на боковые кромки.

Трудятся инструментальщики и над изготовлением *фасонных фрез*. Эти фрезы имеют фасонную главную режущую кромку и способны сразу обработать поверхность с заранее заданным контуром. Правда, такие фрезы потеряли универсальность, но зато приобрели вполне определенное и постоянное назначение. Заметим, что имеет свой фасон и другая разновидность фрез, так называемые бор-фрезы. Они особенно необходимы слесарям-инструментальщикам для производства работ, связанных с изготовлением штампов и пресс-форм.

Поиск путей повышения производительности обработки фрезерованием привел к созданию так называемых наборов из фрез. Не из всех типов фрез составляют наборы, а только из тех, которые можно насадить на одну вращающуюся оправку или на шпиндель станка. Для этого подходят цилиндрические, прорезные и фасонные фрезы. Комбинируя фрезы с различными по форме режущими кромками, можно с успехом обработать сложную поверхность. А для повышения качества обработки и улучшения условий резания фрезы, входящие в набор, устанавливают со смещением зубьев, делают их с винтовым и даже с неравномерным шагом. Составить набор из фрез — дело непростое, так же как и выбрать наиболее эффективный режим обработки — скорость, подачу, глубину резания. Фрезы в наборе ведь разные и у каждой свои требования к оптимальному режиму. Вот и при-

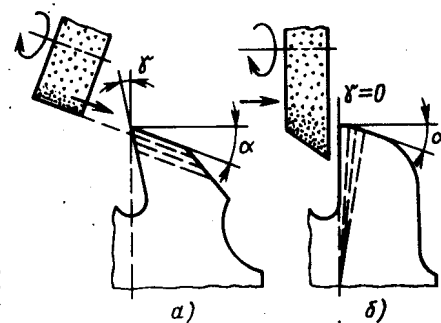


и такие бывают фасонные фрезы

ходится «угождать» каждой и всем сразу. В противном случае возьмет одна из них, да и испортит все дело.

Мы уже знаем, что *зубья у фрез* бывают по направлению прямыми и наклонными, винтовыми и разнонаправленными. Но по конструкции в поперечном сечении разнообразие зубьев не так уж велико: остроконечные и затылованные зубья. Вот и все. Но разница здесь принципиально большая. Так, остроконечные зубья имеют переднюю и заднюю поверхности плоской формы, их перетачивают по задней поверхности. Однако это приводит к уменьшению высоты зубьев и, что особенно плохо, к искажению профиля режущей кромки, если она фасонная. Другое дело затылованный зуб. У него передняя поверхность плоская, а задняя сделана по архимедовой спирали. Заточку и переточку затылованных фрез осуществляют не по задней, а по передней поверхности. В таком случае профиль режущей кромки уже не меняется. И все это делают для того, чтобы и инструмент как можно дольше сохранить, и обеспечить остроту режущих кромок, и задать наиболее выгодные для процесса резания передние и задние углы.

Зубья фрез не обязательно должны быть сделаны заодно с корпусом. Удобно и экономически оправдано выпускать цельные фрезы только небольших размеров.



Остроконечные зубья фрез перетачивают по задней поверхности (а), а затылованные — по передней (б)

Однако и здесь инструментальщики предлагают фрезы с напаянными твердыми пластинками. Для торцовых фрез, особенно средних и больших размеров, стало правилом изготавливать корпус из конструкционной стали, а зубья — из высокопрочных сплавов. Их приваривают, припаивают, приклеивают, крепят механическим путем с помощью прижимных планок, клиньев, втулок, винтов, штифтов. Прибегают даже к комбинированным способам. Например, в корпусе фрезы механически закрепляют ножи, а к их выступающей части приваривают пластинки из твердого сплава. Все эти мероприятия, усложненность конструкции, связанные с зубьями фрез, оправданы в том случае, если в результате инструменты станут более долговечными, более производительными и менее дорогими.

Если фрезы имеют центральное отверстие, то их приварительно надевают по специальной посадке на специальную оправку, фиксируют от осевого смещения и проворота втулками, гайками и шпонками, а саму оправку устанавливают в станке. Такие фрезы называют насадными. Но фрезы, имеющие конический или цилиндрический хвостовик, не нуждаются в оправках. Их просто зажимают в патроне или вталкивают в коническое шлифованное отверстие шпинделя станка. Там фреза и удерживается силами трения своим хвостовиком. Конечно, инструментальщики не упустили случая пошутить и назвали фрезы с хвостовиком, правда не «хвостатыми», а «хвостовыми».

Очевидно, все без исключения видели зубчатые колеса. Они являются деталями передач многих машин и механизмов. Цилиндрические с прямыми и наклонными зубьями, шевронные, конические, колеса с внешним и внутренним зацеплениями и другие «зубчатые» прочно нашли свое место в технике. Важным и трудоемким в изготовлении их элементом является зубчатый венец или попросту зубья. Им задана вполне определенная геометрия, подтвержденная теориями и расчетами. Как и с применением каких инструментов обрабатывают зубчатые колеса?

Прежде всего зубчатые колеса можно нарезать методом копирования или обкатывания. Наиболее просто взять концевую фрезу по форме повторяющую форму впадины между двумя зубьями колеса. Затем такой фасонной фрезой прорезать один паз, другой и так далее,

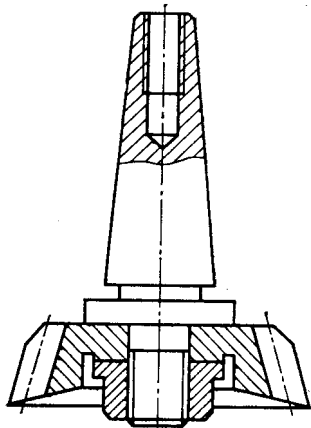
не забывая каждый раз поворачивать цилиндрическую заготовку на некоторый угол. Все до предела просто. Но это только кажется. Прежде всего фрезу кто-то должен сделать. И не одну, а много и по числу и по размерам. Ведь впадины, как и размеры зубьев, бывают разные. К счастью, размеры зубьев не выбирают как попало, а выбирают согласно четким правилам Единой системы. Основное место в ней занимает так называемый модуль, равный частному от деления шага зубьев зубчатого колеса P на всем известное число π , т. е. $m = P/\pi$. Модуль стандартизован и имеет размерность в миллиметрах. Он практически входит во все формулы, по которым определяют размеры зубчатых колес и их прочность. С модулем связаны и важные размеры инструментов, предназначенных для нарезания зубчатых колес. Так вот, инструментальщики создали стандартные комплекты модульных фрез, которые с благодарностью используют машиностроители. Теперь модульная фреза, можно считать, выбрана, фрезерный станок включен, мы прорезали в заготовке первую впадину и... остановились. Как дальше вести обработку, как повернуть заготовку, чтобы потом не испортить последний зуб и значит все колесо? На помощь приходит специальное приспособление, которое позволяет разделить окружность с высокой точностью на нужное число частей. Приспособление называют делительным или делительной головкой. Без него и модульная фреза не поможет.

Заметим, что нарезание зубчатых колес по методу копирования с помощью наборов модульных концевых, пальцевых и дисковых фрез не обладает достаточной точностью и производительностью. Более прогрессивный метод — обкатывание. Для его промышленного применения были созданы специальные станки и инструменты. Долбяки, зуборезные гребенки, рейки, червячные фрезы занимают значительное место в продукции инструментальных заводов.

При обкатывании все эти инструменты совместно с обрабатываемыми заготовками совершают строго определенные и обязательно взаимосвязанные движения, которые задаются кинематическими цепями станков. В результате каждой режущей кромке инструмента непрерывно придается ряд последовательных положений, огибающая к которым создает в теле заготовки профиль зуба колеса. Чаще нарезают эвольвентный профиль, как

наиболее широко применяемый в зубчатых зацеплениях. При этом в случае использования долбяка должно быть выполнено условие качения без скольжения начальной окружности инструмента по начальной окружности заготовки (обе начальные окружности проходят через полюс зацепления — точку, лежащую на линии центров). Если же в качестве инструмента взята зуборезная гребенка, то должно быть осуществлено перекатывание без проскальзывания начальной прямой гребенки по начальной окружности детали. Кроме того, так как речь идет о процессе резания, а не просто обкатывании, заготовке и инструменту сообщают и движения подачи, так необходимые для снятия припуска и получения полного профиля зубьев.

Из всех инструментов, работающих по методу обкатывания, больше всего напоминает зубчатое колесо так называемый **долбяк**. В принципе это и есть зубчатое колесо, превращенное в зуборезный инструмент. Для этого на зубья колеса сделали передние и задние поверхности, которые, пересекаясь, образовали сложную режущую кромку. Задали передние и задние углы в пределах $5-7^\circ$, чтобы облегчить процесс резания. И не забыли применить высокопрочные инструментальные материалы. Название долбяка лишь частично характеризует условия его работы. Да, он долбит заготовку, совершая возвратно-поступательное движение



Для нарезания зубчатых колес по методу обкатывания применяют долбяки

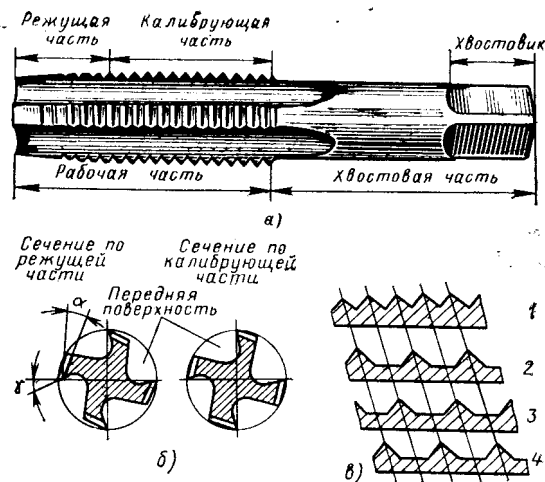
рабочего и вспомогательного ходов по аналогии с долбежным резцом. От этого, очевидно, и закрепилось за ним такое название — долбяк. Но, кроме этого, он участвует в совместном движении обкатывания инструмента и заготовки, да еще и сближается с деталью. Заготовка при этом не только вращается, но и при каждом вспомогательном ходе инструмента немного от него отходит, тем самым предохраняя поверхности долбяка от изнашивания и поломок. При последующем рабочем ходе

долбяка заготовка снова к нему приближается. Так они и исполняют производственный «танец», пока не появится свежее обработанное зубчатое колесо или зубчатый профить нового долбяка. Инструменты ведь делают инструменты.

Конечно у долбяков есть помощники — червячные зубонарезающие фрезы, прямозубые и косозубые гребенки, специальные резцы. Но долбяки практически незаменимы при нарезании колес с внутренним зацеплением, блоков шестерен и шевронных зубчатых колес. Преимущество объясняется тем, что толщина диска долбяка небольшая и поэтому его режущей частью можно «подобраться» к зоне обработки, находящейся в стесненных местах, куда, например, червячные фрезы даже не войдут. Кроме того, и это очень важно, зубьям долбяка можно задать минимальный выход из зоны обработки. Для этого им вполне достаточно узенькая канавка в несколько миллиметров.

Если Вас заинтересуют более подробные сведения о зубонарезающих инструментах, то их легко найдете в учебниках, пособиях, справочниках и в других книгах. Было бы желание! Попутно обратите внимание на инструменты, с помощью которых получают резьбы. Это очень интересные инструменты, к тому же весьма распространены, так как резьбы получили широкое применение для крепления деталей и передачи движения.

Для того чтобы иметь представление о работе инструментальщиков при создании резьбообразующих инструментов, рассмотрим прежде всего **метчики**. Ими нарезают резьбы в отверстиях. Они очень похожи на винты. Иначе и не может быть, так как зубьям метчиков задан профиль той резьбы, которую необходимо получить. Но метчики отличаются от винтов, и отличий достаточно много. Некоторые видны с первого взгляда. Так, у метчика вдоль его рабочей части, на которой нарезана резьба, сделаны прямые или винтовые канавки. С одной стороны, канавки предназначены для размещения образующейся при нарезании стружки, а с другой, — их используют для создания передних углов. Для обработки сталей средней твердости передний угол γ выбирают в пределах $8...10^\circ$, а для легких сплавов — в несколько раз больше. Такая же тенденция наблюдается и для задних углов α , но их значение меньше (от 4 до 12°). В начале метчика резьба срезана на конус. На этом участке с не-



Резьбы в отверстиях делают с помощью метчиков:

а — конструктивные элементы метчика; б — зубья метчика в сечениях по режущей и калибрующей частям; в — так в шахматном порядке удаляют зубья метчика

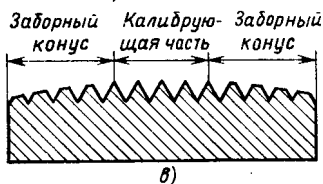
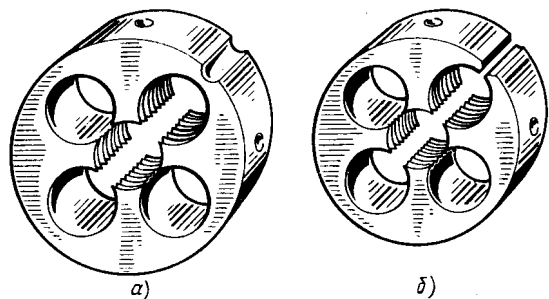
полным профилем зуба и происходит процесс резания. Причем наличие конуса облегчает ввод метчика в отверстие, улучшает исходное центрирование и более равномерно распределяет силу резания между витками. За режущей, заборной частью метчика расположены калибрующие зубья. Они служат для точного направления метчика по резьбе и для калибрования, зачистки ее профиля. Зубья метчика, расположенные на калибрующей части, также образуют затылованную заднюю поверхность по архимедовой спирали. Сравните зубья метчика в сечении по заборному конусу и по калибрующей части. Интересно, что калибрующая часть метчика также имеет конус, но направленный сужением к хвостовику. Разница в диаметрах на несколько сотых долей миллиметра на этом конусе благоприятно сказывается на работе метчика, устраняя возможное его защемление в уже нарезанном отверстии. Но это еще не все хитрости инструментальщиков. Они даже делают метчики со срезанными в шахматном порядке зубцами, что облегчает размещение стружки и еще более снижает вероятность заклинивания инструмента.

Если метчики предназначены для работы на станках, то их называют машинными. Машинные метчики имеют более глубокие стружечные канавки и немного укороченную заборную часть. Ими можно за один рабочий ход нарезать резьбу, чего нельзя сделать ручными или слесарными метчиками. У слесарных метчиков одного диаметра делают разную длину заборной части, а весь припуск на обработку распределяют между несколькими инструментами. Поэтому резьбу начинают нарезать сначала первым метчиком, затем вторым и заканчивают третьим. Так их и обозначают на хвостовиках. Но не цифрами, а рисками, и ставят в комплекте. Не обязательно в комплекте должно быть три метчика, может быть и два. Все зависит от их диаметра.

Крупные метчики иногда делают сборными. Существуют разные конструкции. Например, механическим путем закрепляют в корпусе метчика твердосплавные пластинки в виде гребенок с зубцами. Их очень точно выверяют по шаблонам, а затем, если появляется необходимость, даже шлифуют контур резьбы. Сборные метчики изготавливают для цилиндрических и конических резьб.

Наконец резьба нарезана в отверстии метчиком. Достаточно ли этого? Для детали с внутренней резьбой вполне. Но резьба нужна не сама по себе, а для того, чтобы обеспечить разъемное соединение или осуществить перемещение. И здесь без контрдетали с такой же точно резьбой, но на наружной поверхности, не обойтись, как и без специальных инструментов для ее нарезания. Получается, что для каждого профиля и размера резьбы должен быть комплект инструментов — для нарезания на внутренних и наружных поверхностях. Поэтому инструментальщики изготавливают еще один вид инструмента, который называют плашкой.

Плашка похожа на круглую шайбу, в центре которой сделано сквозное отверстие с резьбой. Как и метчик, плашка режет заборной частью, а посередине находятся калибрующие зубья с полным профилем резьбы. При этом угол заборной части 2ϕ обычно составляет 50° , но выбирают его в зависимости от материала детали. У плашки с цилиндрической резьбой два заборных конуса — по одному с каждой стороны. Это сделано не только для удобства при установке плашки, но и для увеличения срока службы. Фактически в одном корпусе объединены общей калибрующей частью два инструмента.

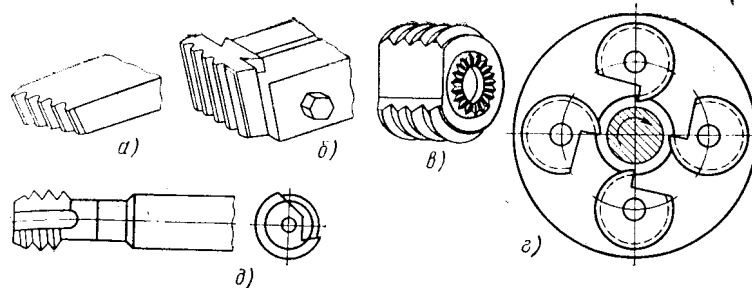


Плашки предназначены для нарезания резьбы на наружных поверхностях:
 а — цельная плашка; б — разрезная плашка; в — обычно плашка имеет два заборных конуса и в центре — калибрующую часть

Вполне очевидно, что подобного преимущества лишены плашки с конической резьбой. Плашки красивые. И красоту им, пожалуй, придают стружкоотводные отверстия. Стружке в них просторно; да и удаляется она легко, без помех. Кроме того, стружкоотводные отверстия сделаны с таким расчетом, чтобы получить передний угол $\gamma = 10 \dots 25^\circ$. Задние углы с помощью таких отверстий получить нельзя. Их образуют в пределах $6 \dots 9^\circ$ затылованием задних поверхностей по вершинам зубьев только на режущей части плашки. Заметим, что для калибрующих зубьев задний угол $\alpha = 0$. Это не очень хорошо. Но что поделаешь. Благо, калибрующих витков немного, всего от трех до шести.

Плашки, как и любой инструмент, изнашиваются. Для компенсации износа некоторые из них делают разрезными. Прорезь в корпусе позволяет упруго сжимать ее винтами, уменьшая тем самым диаметр. А винты, которые стопорят плашку от проворота и регулируют ее размер, расположены в плашкодержателе.

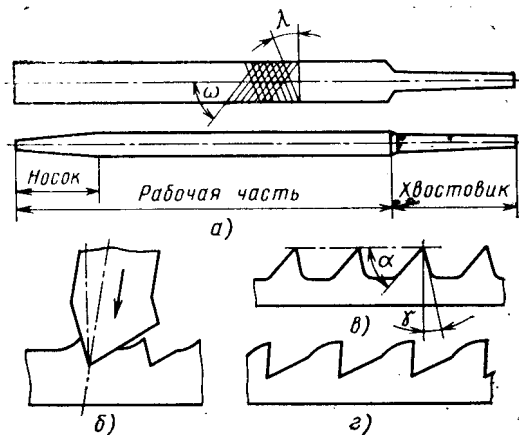
Резьбы на наружных поверхностях делают не только круглыми плашками, которые мы только что рассмотрели. Есть и другие инструменты: фрезы, накатные плашки, резцы и гребенки. Гребенки, как резцы или метчики, снимают стружку и являются режущими инструментами. Они также имеют режущую и калибрующую части и нарезают резьбу на полную высоту за один рабочий ход.



Для нарезания резьб инструментальщики используют гребенки стержневые для наружных резьб (а), призматические (б), круглые (в) и резьбонарезные головки с круглыми гребенками (г), а также круглые гребенки для внутренних резьб (д)

Накатные плашки работают по другому принципу. Их зубья вдавливаются в металл и пластически его деформируют. В результате без снятия стружки получается резьба. Быстро и без отходов.

Трудно представить себе даже в настоящее время слесаря без **напильника**. Почему нами использовано слово «даже»? Для того, чтобы сделать акцент на древности инструмента, напомнить, что он пришел к нам из далекого прошлого. Напильник до сих пор является необходимым инструментом, особенно в отделочно-опиловочных работах. Для этих работ в основном используют слесарные напильники общего назначения. Их доля среди всех напильников, производимых в нашей стране, составляет больше 80 процентов. Затем идут напильники для заточки пил по дереву (12 процентов), а за ними надфили (5,8 процентов). И далее все остальные, включая и рашпили, имеют объем в долях процента. Напильники различают по назначению, форме поперечного сечения, длине рабочей части и номерам насечек. Напильники общего назначения не все одинаковые, их подразделяют на 268 типоразмеров с учетом длины, формы поперечного сечения и номеров насечек. Опять номера насечек! Что же это такое? Все достаточно просто — это число основных насечек на 10 миллиметров длины напильника. Отсюда, чем больше насечек, тем больше номер. Здесь применено слово «насечка». Оно как нельзя лучше характеризует основной метод получения зубьев — насечиванием специальным инструментом. Или проще говоря — зубилом. Под действием удара зубило с заданной



Напильники и сейчас широко применяют при слесарно-опиловочных работах: а — плоский напильник; б — насаждение зубьев напильника; в — профиль фрезерованных зубьев; г — профиль зубьев рашпиля

геометрией насекает канавку, затем заготовка смещается на некоторую величину и снова удар зубилом. Опять канавка и так далее. Но обратите внимание, что зуб напильника со стороны задней поверхности имеет какую-то впадину. Ее инструментальщики не делают специально, она не по их желанию такой получается. Все начинается с первого удара зубилом, когда материал несколько отстесняется в результате пластической деформации, искажая теоретически задуманный прямолинейный профиль задней поверхности. Если же напильники не насекают, а нарезают специальными фрезами, то форма зуба получается с острой пикообразной вершиной, а сама канавка выходит с широким дном и более просторной для стружки. Следует отметить, что сьем металла нарезными напильниками почти на 30 процентов выше, чем насаженными. Но ими, правда, тяжелее работать вручную. Зубья слишком острые и хорошо врезаются в металл, поэтому такие напильники можно применять в качестве машинного инструмента.

Остановимся теперь на формах поперечных сечений напильников. Примечательно, что они практически не отличаются от древних. Те же прямоугольные, квадратные, трехгранные, круглые, полукруглые, ромбические. И таких напильников выпускают в нашей стране в сутки несколько сот тысяч штук! Больше всего изготавливают

плоских напильников (46,5 процентов), в несколько раз меньше трехгранных (18,6 процентов), чуть меньше круглых (16,8 процентов), остальное приходится на полукруглые и ромбические напильники.

Помимо инструментов, о которых мы рассказали, есть еще и другие. Трудно охватить все имеющееся их разнообразие. Некоторыми Вы легко можете дополнить перечисление. Очевидно, молотки, топоры, кусачки, клещи, плоскогубцы, отвертки, зубила, стамески, пилы по дереву, ножовки и прочие будут названы в первую очередь. Эти инструменты также имеют свои конструктивные особенности. И их совершенствуют, несмотря на простоту.

А теперь зададим вопрос. Кто выпускает продукцию на инструментальных заводах? Ответ напрашивается лаконичным — инструментальщики. Все вроде бы ясно и просто. Но это только кажущаяся простота. В действительности же все сложнее. Попробуем объяснить. Открываем «Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих» и ищем профессии инструментальщиков: слесарь-инструментальщик, слесарь-лекальщик, насакальщик напильников, рашпелей и пил, токарь-затыловщик, электрозаточник, накатчик полировальных кругов, слесарь-шаблонщик, — вот почти и все. Но ведь для того, чтобы сделать, например, составную фрезу, необходимы токари, сверловщики, фрезеровщики, строгальщики, шлифовщики, термисты и рабочие других профессий. Они, кстати, с успехом трудятся на инструментальных заводах. Причем, в результате их специализированного труда и выпускают сверла, протяжки, метчики, фрезы, резцы и прочие инструменты, несмотря на то, что их специальности не значатся в справочнике как инструментальные. Попутно заметим, что слесари-инструментальщики сверла и фрезы, к примеру не делают, а инструментальные заводы их тем не менее производят, да к тому же в большом количестве. Изготавливают их рабочие, так сказать, не инструментальных специальностей. Но так как каждый из них вносит частицу своего специализированного труда в коллективный процесс получения инструментов, то всех этих рабочих следует объединять одним символом — инструментальщики.

Если теперь вернуться к началу нашего рассказа, то станет понятно, почему не каждый токарь может быть

назван инструментальщиком, даже если он и изобретает свой собственный резец.

Итак, инструменты, с которыми мы познакомились, изготовляют на инструментальных заводах для использования в механических цехах различных предприятий. Эти инструменты, можно сказать, делают для всех. В том числе и для самих инструментальщиков, производственная деятельность которых неразрывно связана с обработкой материалов.

НЕ КАЖДОМУ ПОД СИЛУ

Перед нами «Справочник слесаря-инструментальщика». В самом его начале читаем: «профессия слесаря-инструментальщика — одна из основных в инструментальном производстве». Перечень технологических процессов, которые выполняет слесарь-инструментальщик высшей квалификации, подтверждает серьезность сказанного. Это работы, которые невозможно полностью выполнить даже на самом совершенном и точном оборудовании. Доводка, отделка, подгонка и сборка сложных, уникальных пресс-форм, профилей, матриц и пуансонов, штампов, деталей приспособлений, приборов, различных измерительных и режущих инструментов, гравирование рельефных изображений и многое другое, не менее сложное, — вот что умеет делать слесарь-инструментальщик. Свою работу, точную и ответственную, он исполняет с обязательным использованием ответственных приборов, инструментов и оснастки. Слесарь-инструментальщик должен хорошо разбираться в чертежах, владеть системой допусков и посадок, знать свойства металлов и сплавов, уметь самостоятельно выбирать для работы необходимые инструменты и приспособления, оценивать точность и качество изделия и (очень часто!) владеть смежными профессиями.

Даже краткого перечисления особенностей этой, во многом уникальной профессии достаточно, чтобы стало ясно — не каждому под силу то, что может сделать слесарь-инструментальщик. Достичь таких вершин мастерства можно упорным трудом, стремлением к совершенству и любовью к своей профессии.

Итак, слесарь-инструментальщик — один из главных специалистов-инструментальщиков, который своим трудом создает штампы, пресс-формы, мерительные инстру-

менты, приспособления — в общем то, что называют технологической оснасткой. Чтобы ближе познакомить читателя с ролью этих специалистов в современном производстве, расскажем о предметах их труда более подробно.

Вглядываясь в сложные объемные формы многих привычных предметов, деталей, вещей, мы не всегда задумываемся над тем, как они сделаны, и лишь случайно узнаем, что их изготовили методами кузнечно-прессовой обработки в штампах, пресс-формах или отлили в сложные металлические формы.

В числе произведений инструментального искусства (иначе, подчас, и не назовешь уникальные инструменты!) **штампы по праву занимают первое место.** Их великое множество! Что ни деталь, то оригинальная конструкция штампа для ее изготовления. Часто для изготовления детали нужен не один, а несколько штампов. Чем больше одинаковых деталей, тем выгоднее их производство организовать с использованием такого высокопроизводительного инструмента, как штамп. Это не означает, что штампы стоит применять только при изготовлении больших партий деталей или, как говорят технологи, при больших объемах производства. Просто для каждого вида производства (массового, серийного или единичного) экономически эффективно и технически целесообразно использование штампов, специфических по сложности и производительности, а также степени законченности изготавливаемых деталей. Например, условно расчленив сложный контур плоской детали из тонкого листа на отдельные геометрические элементы (прямые линии, их сочетания, сопряжения с окружностями и т. п.), можно создать весь контур или большую его часть, используя так называемый координатно-элементный штамп. Высекание сложного контура детали по его элементам выгодно, даже если нужно изготовить всего одну деталь.

Поэтому, говоря о штампах, нужно четко их разграничить, классифицировать по конструктивным особенностям и видам, условиям и масштабам производства, назначению и области наиболее эффективного использования. Все штампы можно разделить на две группы: формообразующие и разделительные. Уже сами названия позволяют утверждать, что формообразующие — те штампы, с чьей помощью изменяют форму начального куска материала, практически не изменяя его массу.

Разделительные штампы, конечно, тоже изменяют форму заготовки, но при этом сильно изменяется ее масса. От нее отделяются «лишние» куски, создается новый контур, внутри его — различные выемки, отверстия, щели. Иными словами, начальный объем металла, его площадь и поверхность разделяют на нужное и ненужное, отделяя полезное от отхода.

Если принять эти рассуждения в качестве начальных, то, развивая их, можно заметить, что формообразующие штампы преимущественно применяют при работе на молотах или гидравлических прессах. Молотовые штампы выполняют в виде бойков (верхнего и нижнего). Верхний укрепляют на падающей части молота, нижний — на так называемом шаботе — монолитной тумбе, установленной на независимом, самостоятельном фундаменте. Каждый боек имеет рабочую и базовые плоскости. Базовых плоскостей две. Это боковые стороны бойка. Между ними строго выдерживают прямой угол. Всю обработку плоскостей молотового штампа ведут «от базы», отсчитывая все размеры от базовых плоскостей. Совмещая эти плоскости, обеспечивают правильность установки всего штампа. В нижней части бойка, у его основания, оставляют хвостовик, имеющий форму ласточкина хвоста. Для фиксирования бойка на молоте между боковыми поверхностями хвостовика и гнезда в шабот или «бабу» молота загоняют специальные клинья. Они-то и предотвращают перемещение бойков при мощных ударах молота. Рабочую плоскость молотового штампа называют «зеркалом» за блестящую поверхность.

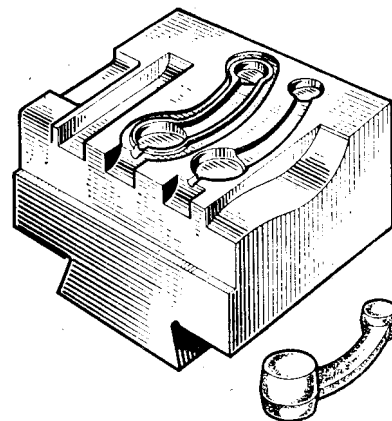
Для выполнения кузнечных работ методами свободнойковки зеркало штампа делают совершенно гладким, иногда — с небольшими скосами. Если на зеркале создать выступы или впадины, то возникает объемная фигура. Ее элементы можно выполнить на нижнем и верхнем бойках или только на нижнем. Под ударами молота металл заготовки, раскаленный до пластического состояния, деформируется, «течет», заполняет полость штампа. Нескольких ударов достаточно, чтобы заготовка получила нужную форму и размеры. В процессе штамповки избыточная часть металла вытесняется из ручья в специально сделанные канавки. Это отход — облой. Штампы, после которых получают облой, называют открытыми. В закрытых штампах облойной канавки нет. Металл деформируется в замкнутом пространстве, без формиро-

вания облоя. Это более экономично, но и более сложно. Такой штамп сделать труднее, да и заготовки должны быть точные. Иногда в штампе создают много ручьев. Деталь штампуют в несколько переходов. После первого удара заготовку из первого ручья переносят во второй. На ее место в первый ручей укладывают очередную нагретую заготовку и т. д.

Ковка в многоручьевых штампах экономит тепло. Исключается необходимость дополнительного нагрева заготовки. Сокращается времяковки. Одним ударом молота одновременно формируются заготовки во всех ручьях штампа.

Штамповку сложных и массивных заготовок выполняют на гидравлических ковочных прессах преимущественно в закрытых штампах. Молотовые штампы дают возможность точно и много раз повторить операцию изготовления кованой заготовки детали, обеспечить высокую производительность труда и качество изделий. Созданы реальные условия для перехода к массовому производству поковок любой конфигурации — от простейших половинок ножниц до сложнейшего коленчатого вала двигателя автомобиля, комбайна и т. п.

Для работы с разделительными штампами чаще всего используют механические прессы. У них сила удара создается кривошипным, рычажным или эксцентриковым механизмом. Конструкция прессы обеспечивает увеличенную скорость перемещения ползуна, резкий удар в конце рабочего хода, что особенно важно при рубке металла, пробивке в нем различных отверстий, фигур, а иногда и при неточной гибке. Однако в тех случаях, когда штампуемая деталь отличается большими размерами, сложностью рисунка, точностью изгибов, тогда для выполнения операции штамповки нужны большие усилия, и тут не обойтись без гидравлического прессы.



В промышленности широко применяют штампы

Гидравлические прессы работают на основе способности машинного масла, как и любой гидравлической среды (воды, жидкого металла и т. п.), аккумулировать энергию при сжатии. В гидросистемах таких прессов масло многократно сжимается различными поршнями и плунжерами, действующими от механических устройств. В зависимости от диаметра поршня масло создает различное давление в камере сжатия. Комбинируя систему циркуляции сжатого масла между цилиндрами с поршнями разных диаметров, можно увеличивать или уменьшать начальное давление масла, поступившего в систему.

В результате под действием сжатого масла поршень последней ступени будет обладать энергией, накопленной в системе, и создавать усилия, зависящие от давления, созданного в цилиндре, и площади поршня. Теперь осталось мысленно к свободному концу поршня присоединить штамп и мы получим схему работы гидравлического пресса.

Гидравлические прессы обладают существенными преимуществами перед прессами с механическими системами. Они более мощны, обеспечивают плавное регулирование хода ползуна. Встречая сопротивление в конце хода штока, когда штамп уже сомкнулся и деталь приняла свои очертания, гидросистема всю свою неистраченную энергию расходует на то, чтобы «дожать» деталь. Процесс «дожатия» длится до тех пор, пока давление сверху (штока пресса) не уравнивается с сопротивлением снизу — со стороны штампа, детали и всей нижней части пресса. В итоге на детали остаются точные очертания фигуры штампа, рельефные, четкие контуры перегибов, впадин, рисунков и других сложных объемных форм.

Гидравлические прессы используют при изготовлении таких деталей, как составные части кабин автомашин, комбайнов, тракторов. Сложнейший штамп позволяет за один ход ползуна пресса не только изогнуть лист металла до нужной формы, но и просечь в нем различные внешние и внутренние контуры, выполнить некоторые дополнительные вытяжки, изгибы. В результате за один ход — полностью готовая деталь!

Гидравлические прессы позволяют штамповать детали как в нагретом, так и в холодном состоянии. Например, толстостенное сферическое днище железнодорожной цистерны или мощного химического агрегата тяжело изго-

товить без нагрева, а для штамповки крыла автомашин нагрев не нужен.

Чтобы получить полное представление о сложности и многообразии конструкций штампов, достаточно ознакомиться с их названиями и теми операциями, которые можно выполнить на них. Не загромождая рассказ подробным перечислением, укажем только штампы, предназначенные для выполнения операций холодной штамповки. Итак, штампы для холодной штамповки подразделяют на разделительные и формообразующие, простые однооперационные и комбинированные, многооперационные. В числе последних штампы последовательного, совмещенного или последовательно-совмещенного действия. Их отличают методы перемещения заготовки в штампе.

Общий признак этих штампов — *многооперационность*, то есть возможность осуществить в одном штампе несколько различных технологических операций. В штампах последовательного действия операции выполняются за несколько перемещений заготовки. Например, изготовление прямоугольной шайбы с центральным круглым отверстием выполняется так. В штамп до упора вкладывают полосу. Первый удар — пробито отверстие. Полосу передвигают до следующего упора. Снова удар — шайба отрублена. В штампах совмещенного действия несколько технологических операций выполняется одновременно, за один ход пресса при неизменном положении заготовки. Отличительная особенность штампов этого типа в том, что все его рабочие органы (пуансоны и матрицы) расположены концентрично и работают одновременно или с небольшой разницей во времени. Примером может служить штамп для изготовления круглой шайбы. В нем пуансоны и матрицы для вырубki внешнего контура и просечки внутреннего отверстия расположены один в другом, концентрично. В начале хода штампа в полосовой заготовке будущей шайбы просекается внутреннее отверстие. На этом ход штампа вниз не заканчивается. Он продолжается до тех пор, пока в работу не вступят матрица и пуансон внешнего контура и не будет вырублен внешний контур шайбы.

Несомненно, штампы этого типа более производительны и их можно автоматизировать. Однако не всегда технически возможно вдоль одной оси сконцентрировать все режущие части штампа, создающие все элементы детали. Как правило, такие штампы применяют для изготовления

простейших деталей типа шайб, фланцев, крышек, мембран и т. д.

Наиболее сложные детали изготавливают на штампах последовательно-совмещенного действия. В таком штампе комплекс операций осуществляется за несколько перемещений заготовки. В каждом ее положении одновременно выполняется несколько переходов концентрированно расположенными пуансонами и матрицами.

Что же «умеют» делать штампы для холодной штамповки? Судите сами. Вот краткий перечень технологических операций, выполняемых этими штампами: отрезка, надрезка, обрезка, вырубка, пробивка, просечка, зачистка, гибка, правка, завивка, скручивание, вытяжка, протяжка, обтяжка, закатка, растяжка, рельефная формовка, чеканка, отбортовка отверстий, отбортовка контура, обжимка, выдавливание и прочее, и прочее. Причем среди этих названий при кажущейся внешней похожести нет двух, отражающих одинаковые процессы.

Сложные штампы состоят из однотипных элементов: плит, направляющих деталей, пуансонов, матриц, держателей, выталкивателей, съемников, амортизаторов различных конструкций, шаговых ножей, упоров, фиксаторов, прижимных элементов. Каждая деталь выполняет свои, строго регламентированные функции. Например, на штамповой плите крепятся все элементы штампа. Колонки и втулки, смонтированные соответственно в нижней и верхних плитах штампа, обеспечивают точность их взаимного положения. Пуансоны и матрицы создают форму и размеры обрабатываемой детали и т. д. Каждый штамп, как уже упоминалось выше, предназначен для изготовления конкретных деталей. Это очень сложные, точные, трудоемкие, а следовательно, дорогие инструменты. Есть штампы, масса которых достигает 50 и даже 60 тонн. Стоимость штампа сравнима со стоимостью серийного станка или пресса, а иногда и намного превышает ее.

Штампы, безусловно, прогрессивны по своим возможностям увеличения производительности труда, но одновременно они являются немалым тормозом в развитии технического прогресса, созданий новой техники и технологии, новых форм организации труда. Этот небывалый парадокс объясняется тем, что представляя собой жесткую конструкцию с постоянными размерами рабочих органов, штамп становится негодным, как только

потребуется изменить в детали хоть один размер или даже величину допускаемого отклонения от размера. Все! Штамп можно выбросить. Если не весь, то его рабочие органы — точно! А раз так, то следует много раз подумать, посчитать, прежде чем решить вопрос о совершенствовании изделия! К сожалению, наличие стабильной технологической оснастки с невыработанным еще ресурсом во многих случаях становится реальным препятствием на пути внедрения конструкций новых современных изделий, будь то комбайн или стельки для туфель. Неумолимые законы экономики вступают в противоречие с действительностью, заставляют искать оригинальные технические компромиссные решения. Один из вариантов — создание универсальных штампов, собираемых из универсальных деталей. Безусловно, такие детали должны быть особо точными, прочными, долговечными, стоить не дорого, быть удобными для монтажа и т. п. Но все это — дело техники и, конечно, мастерства, высокой профессиональной квалификации всех, кто причастен к решению проблемы.

Системы универсальных штампов уже существуют и их широко применяют в промышленности. Они не только позволяют быстро переналаживать технологию и использовать в мелкосерийном и даже единичном производстве процессы штамповки, традиционно считавшиеся приемлемыми только при изготовлении деталей крупными партиями.

Системы универсальных, агрегируемых и переналаживаемых штампов приносят существенную экономию металла, времени, энергии и средств. Сокращается цикл подготовки производства новых изделий. В среднем каждый универсальный штамп небольших размеров экономит около 100 килограммов инструментальной стали и до 100 рублей средств. Если учесть, что из одного набора универсальных деталей можно в течение года собрать более 5000 различных штампов, то в сумме экономия составит около 500 тонн стали и 500 тысяч рублей.

Это только за один год и на одном предприятии! А в целом по стране? Но даже реально воплотив в жизнь эту идею, инструментальщики не уgomонились. Они продолжают поиск новых, наиболее экономичных методов создания штампов, тесно сотрудничают со специалистами кузнечно-прессового производства. Итогом творческого

содружества становятся новые технологические методы и приемы штамповки.

Что только не применяют в качестве источника энергии, чтобы изготовить деталь наиболее простым и дешевым способом! Энергию взрыва, гидравлический удар, магнитный поток, силу расширения охлаждаемой воды, вакуум. Какие только материалы не используют в конструкциях штампов! Все знают о металлических штампах. Но слышали ли Вы о штампах из бетона, дерева, резины, пластмассы, металлических шариков, фанеры, гипса, опилок, бумаги и даже льда? А ведь эти материалы оказываются наиболее выгодными инструментальными материалами, когда нужно изготовить очень большую деталь из тонколистового металла, вырубить заготовку из кожи или резины, нанести сложный рельеф чеканкой на декоративное изделие или вытянуть из плоской листовой заготовки сферическое днище резервуара. Как же выглядят такие штампы? Как они работают? Где их применяют? Чтобы ответить на подобные вопросы, нужно немного рассказать пусть не обо всех, но хотя бы о некоторых особых видах обработки давлением.

Всем известно, какое огромное количество различных тонких прокладок из картона, бумаги, резины, фибры, текстолита, гетинакса и других подобных материалов потребляет наша промышленность. Всевозможные конфигурации этих деталей и им подобных, например, деталей обуви и одежды можно создать быстро и эффективно, если использовать простейший вырубной штамп. Но штампы традиционной конструкции очень сложны, трудоемки в изготовлении, требуют точной подгонки зазоров между режущими кромками пуансонов и матриц и обладают еще многими недостатками. Выход есть — применить ленточно-ножевой штамп. У таких штампов матрица часто вообще отсутствует. Ее заменяет подкладка из мягкого, но прочного материала — фибры, полиуретана, дерева либо сам штампуемый материал, например, бумага. В этом случае режущую часть штампа (пуансон) укладывают непосредственно на пачку бумажных листов. Ход пресса регулируют таким образом, чтобы пуансон углубился всего на часть высоты пачки заготовок. Остальная часть пачки как раз и исполняет роль подкладки. Как же сделан собственно нож — пуансон? Он из

тонкой стальной ленты, заточенной вдоль своей длины под углом 15...30 градусов. Форму детали создают, вырезая тонкую щель нужной конфигурации в фанере или доске. Теперь достаточно, изогнув заточенную полосу, уложить ее в щель доски, и штамп готов!

Однако прокладка — это, в конце концов, просто прокладка. А как быть в тех случаях, когда нужно изготовить крупногабаритную деталь из металла большой толщины, но штамп делать невыгодно или невозможно? На помощь приходит взрыв. Его выполняют в специальных бассейнах, заполненных водой, или в передвижных бронеканерах, также заполняемых водой. Штамповка взрывом имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами. Прежде всего, исключается необходимость в использовании крупногабаритного, мощного и, соответственно, дорогого пресса или молота. Сокращаются затраты ресурсов и времени на подготовку производства.

Метод позволяет создать детали высокой точности с четким рельефом (радиусами и переходами). Качество формообразования рельефного изображения настолько высоко, что даже линия, проведенная карандашом на поверхности матрицы, может отпечататься на металле детали. Принципиальных препятствий, ограничивающих размеры деталей, поддающихся штамповке взрывом, практически нет. Взрывом изготавливают сферические и плоские днища резервуаров, вальцуют трубы теплообменных аппаратов, пробивают отверстия, высекают контур, гнут и при этом даже могут приварить одну деталь к другой. Для штамповки взрывом пуансон не нужен. Нужна только матрица. Роль пуансона обычно исполняет вода или иная среда, в которой проведен взрыв. Среда передает энергию взрывной ударной волны непосредственно заготовке и деформирует ее, прижимая к поверхности матрицы. Матрица имеет рабочую полость соответствующей формы с отверстиями для удаления воздуха из пространства между поверхностями заготовки и рабочей полости. Матрицы для сравнительно мелких и средних деталей часто выполняют литыми или сварными из металла. Крупные матрицы предпочитают изготавливать из различных неметаллических материалов: бетона, железобетона, дерева, эпоксидных компаундов, стеклопластиков и даже ... льда. Железобетонные матрицы, облицовывают эпоксидными смолами, слоистыми

пластиками, стеклотканью. Иногда бетонную матрицу помещают в стальной корпус. Изделия из высокопрочных сталей при толщине листа до 13 миллиметров и диаметром до 3 метров можно штамповать в ледяных матрицах. Их легко изготовить и отремонтировать. Простота и дешевизна инструментов из льда оправдывают их использование во многих случаях, когда применение других материалов может оказаться невозможным или неэффективным.

Лед в качестве инструмента? Да! Но ведь свойство воды превращаться в лед, увеличивая при этом объем, можно применить и иным способом. Заставить лед работать не только в качестве инструмента, но и в роли своеобразного «пресса». Помните, как лопаются водопроводные трубы и стеклянные бутылки, когда в них замерзает вода? Если в соответствии с этим физическим свойством заключить воду в замкнутый объем, то при ее охлаждении возникнут колоссальные силы, распирающие стенки камеры. Если в камеру поместить матрицу, то силы будут действовать и на нее. Достаточно на матрицу положить заготовку, накрыть ее герметичной и прочной крышкой, залить под крышку воду, затянуть болты и охладить. Остальное понятно. Уже не покорная вода журчит в камере, а мощный ледяной пресс штампует заготовку, превращает ее в деталь высокого качества.

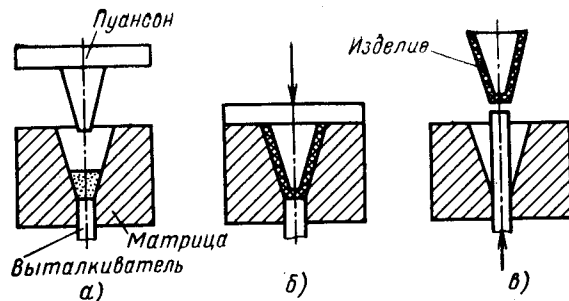
Давление в камере можно создать и с помощью сжатых газов. Например, если в закрытое пространство между листовой заготовкой и крышкой камеры впрыснуть жидкий азот (температура кипения $-195,8^{\circ}\text{C}$), то он практически мгновенно газифицируется. Из одного литра жидкого азота при комнатной температуре образуется около 690 литров газа. Поэтому в замкнутой камере мгновенно возникает большое давление, сопровождающееся ударным действием. Уже не вода, а газ служит деформирующим инструментом. Развивая этот способ, попробуем жидкий азот впрыснуть в воду. В воде жидкий азот испаряется быстрее, чем в воздухе. Его удельный расход на единицу создаваемого давления сокращается в несколько раз. Если в соответствии с этими свойствами перед запуском жидкого азота камеру заполнить водой, то стремительно возникший газ создает удар по воде. Вода деформирует заготовку. Газ и холод заменяют пресс. Вода снова стала инструментом. Но и это

еще не все возможности использовать воду в роли инструмента.

Вспомним о так называемом электрогидравлическом эффекте. Его суть в том, что при электрическом разряде в среде жидкости развиваются большие давление и температура, создаются ударные волны большой силы. Если на пути такой мощной ударной волны поместить даже очень прочный металл, то он легко деформируется. По этому принципу работают установки для электрогидравлической штамповки. Металлический лист укладывают на матрицу. С другой стороны листа укрепляют крышку с рабочей камерой и электродами. Камеру заполняют водой. Импульсный разряд, гидравлический удар — и металлический лист практически мгновенно принял форму матрицы. Итак, только несколько примеров «хитрой» технологии штамповки. Их можно было бы набрать на отдельную книгу. Но и приведенных достаточно, чтобы возник вопрос типа: «все это хорошо, но при чем здесь профессия инструментальщика?» Ответ прост. Все, что связано с созданием орудия труда, что обеспечивает получение окончательного размера, формы или свойства обрабатываемой поверхности относится к профессии инструментальщика.

К могучему отряду штампов близко примыкает не менее значительная номенклатурная группа формообразующих инструментов, называемых **пресс-формами**. Так же, как и штампы, пресс-формы позволяют создать в замкнутом пространстве такие объемные формы, которые полностью или почти полностью соответствуют формам и размерам окончательно готового изделия. Остается наполнить полость формуемым материалом, создать условия для получения в нем заданных свойств, то есть нужную температуру, давление, напряженность магнитного поля и т. п., и произойдет чудо. Разрозненные крупинки порошка, бесформенные куски сырой резины либо порция жидкого металла превращаются в прекрасные детали — гладкие, блестящие, поражающие законченностью своих форм, плавностью и строгостью линий, точностью размеров и похожие друг на друга, как две капли воды.

Изготовление пресс-форм занимает видное место в общем объеме работ инструментальных служб предприятий. Особые условия работы пресс-форм предъявляют специфические требования к их конструкции, качеству



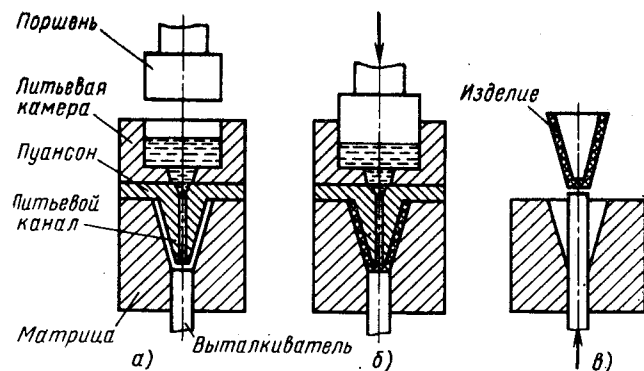
С помощью пуансона и матрицы порошковый материал превращается в изделие:

а — засыпка порошка; б — сжатие; в — готовое изделие

и точности изготовления, свойствам инструментальных материалов, способам их механической, термической, химико-термической, физической или иной обработки. Много зависит от свойств материала детали. Например, среди пластмасс существуют такие, которые можно формовать только в состоянии, близком к жидкому. Их расплавляют непосредственно в камере термопластавтомата (специальной литейной машины для отливки изделий из литьевых пластмасс) и под давлением впрыскивают в рабочую полость пресс-формы. Пластмассы этой группы называют термоактивными. Они могут переходить в жидкотекучее состояние многократно, практически не ухудшая своих эксплуатационных качеств. В расплавленном состоянии такие пластмассы обладают большой жидкотекучестью, то есть способностью заполнять форму. Поэтому их используют для изготовления различных крупногабаритных, тонкостенных изделий, например, посуды, флаконов, хозяйственных ведер, деталей детских игрушек и т. п. Следовательно, пресс-формы для отливки изделий из термоактивных пластмасс должны обладать такими сложными элементами, как литьевые системы, различные комбинированные толкатели, накопители и др. Эти элементы намного повышают и без того высокую степень требований к пресс-формам вообще, значительно увеличивают трудоемкость их изготовления. Соответственно растут требования к квалификации инструментальщиков, тех, кто проектирует и изготавливает такую пресс-форму.

Но свойства, положительные в одних случаях, превращаются в отрицательные в других. В самом деле, если пластмасса хорошо плавится при сравнительно невысоких температурах, то как из нее можно делать детали аппаратуры, машин, механизмов, где возможно появление тепла? Например, вся аппаратура для электрических систем станков, машин, различные приборы, работающие при небольших нагревах, многие детали бытового обихода не могут быть изготовлены из термоактивных пластмасс. Выручают пластмассы термореактивной группы. Это различные пресс-порошки, композиции, смеси. Их отличительная особенность — способность сохранять свои свойства (прочность, твердость, износостойкость и др.) при сравнительно повышенных температурах. Примеры изделий из термореактивной пластмассы — ручки к утюгу и сковороде, корпус теплового реле, шкив станка. Спекание таких пластмасс происходит при высоких (более 100 °C) температурах и большом давлении. Несомненно, что требования к конструктивным особенностям таких пресс-форм отражаются на технологии инструментального производства, уровне квалификации инструментальщиков. Мы назвали только два примера специфических различий, существующих внутри разновидностей обширного класса пресс-форм. Чтобы возникло представление о том, насколько широка номенклатура пресс-форм, различны их конструкции и степень сложности, рассмотрим о классификации только одной группы этих инструментов — пресс-форм для пластмасс.

Пресс-формы для изготовления деталей из пластмасс разделяют на компрессионные и литьевые. Первые работают с порошками, вторые — с жидкотекучей пластмассой. И те и другие работают с нагревом. И те и другие могут быть съемными, полустационарными и стационарными, укрепляемыми на термопластавтомате или прессе стационарно, на весь период изготовления партии деталей. Пресс-формы могут быть открытого, полузакрытого или закрытого типа, с индивидуальной загрузочной камерой или общей на несколько полостей, с верхней либо нижней загрузочной камерой, с впрыском из одного сопла или раздельным впрыском в каждую полость. Могут быть с верхним или боковым съемником, с выталкивающим плунжером, с автоматическим съемом резьбовых знаков и, соответственно, с автоматической установкой арматуры, запрессовываемой в деталь. Встречаются



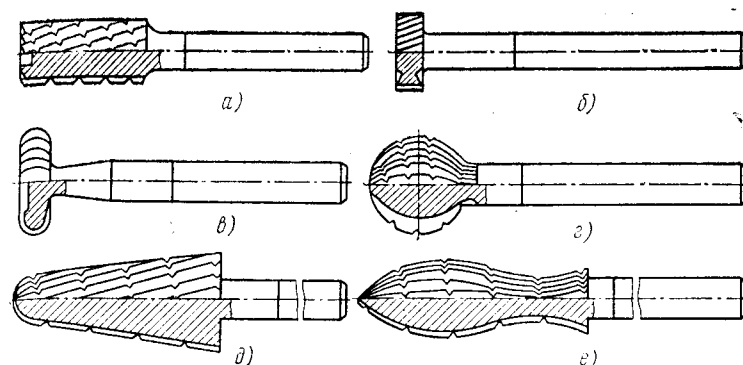
Через литьевой канал в полость между пуансоном и матрицей вводится под давлением расплавленный материал:

а — начало процесса; б — формообразование; в — готовое изделие

пресс-формы с одной горизонтальной плоскостью разреза или двумя, но могут быть и с многими горизонтальными плоскостями разреза, так называемые галетные пресс-формы с большим числом формообразующих матриц, укладываемых в общем блоке одна на другую. Соответственно существуют пресс-формы с одной, двумя или несколькими вертикальными плоскостями разреза, а также с комбинированным разрезом в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Это весьма приближенный перечень только пресс-форм для изготовления деталей из пластмасс! Кроме них существуют пресс-формы для резины, металла, стекла и т. п. Каждая из них должна обеспечить высокую производительность, быть удобной и надежной в работе, долговечной, точной, прочной, дешевой... И все эти качества создаются трудом инструментальщиков!

Скорость изготовления и высокое качество готовых деталей, создаваемых с помощью пресс-форм, делает их незаменимыми в массовом производстве. Именно при серийном и массовом выпуске продукции заводы могут себе позволить такую «роскошь», как изготовление сложных и дорогих пресс-форм.

Пресс-формы состоят из многих деталей, объединенных в функциональные узлы, пакеты и даже блоки. Но основными деталями, формирующими изделие, являются пуансон и матрица. Очень тяжело выполнить в металле

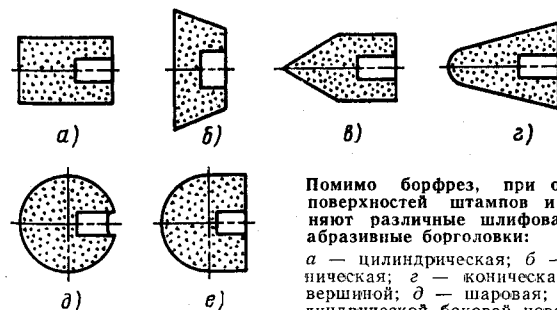


Борфрезами инструментальщики обрабатывают фасонные поверхности штампов и пресс-форм:

а — цилиндрическая; б — дисковая; в — полукруглая; г — сферическая; д — сфероконическая; е — синусоидальная

рабочие профили пуансонов и матриц пресс-форм. Ведь они должны не только строго соответствовать чертежу, но и быть тщательно отполированы, как зеркало. Делается это для того, чтобы повысить качество поверхностей готовых изделий, продлить срок службы пресс-форм, облегчить течение материала, подвергаемого прессованию.

Однако полировка является завершающим этапом долгого технологического процесса изготовления пресс-форм. Перед ней были выполнены многие технологические операции. Не только ручные (разметка, вырубка, подсечка, чеканка, шабрение, доводка и прочее), но и операции механической обработки с использованием универсально-фрезерных, координатно-расточных, сверлильных, копировально-фрезерных, шлифовальных, электроискровых, ультразвуковых и других станков. Так что в



Помимо борфрез, при обработке фасонных поверхностей штампов и пресс-форм применяются различные шлифовальные головки или абразивные борголовки:

а — цилиндрическая; б — угловая; в — коническая; г — коническая с закругленной вершиной; д — шаровая; е — шаровая с цилиндрической боковой поверхностью

изготовлении пресс-форм принимают участие не только слесари-инструментальщики, но и рабочие других профессий, тоже инструментальщики.

Чтобы удешевить производство пресс-форм, идут на различные ухищрения. В частности, прибегают к помощи мастер-пуансона. Не подумайте, что мастер-пуансон является штатным или приглашенным работником цеха. Нет, это — инструмент, который вдавливают в металлическую заготовку будущей детали пресс-формы. В результате пластической деформации металла заготовки в ней образуется негативный отпечаток рабочей части мастер-пуансона. По сравнению с обработкой на металлорежущих станках эта технология пластического деформирования на 30...50 процентов снижает трудоемкость производства и способна в пятикратном размере уменьшить применение ручного труда. Вот что значит мастер-пуансон!

Однако и мастер-пуансон необходимо сделать. Он должен быть прочным, жестким, износостойким и точно повторять контуры матрицы. Эту работу могут осуществлять только инструментальщики высокой квалификации. Ведь по существу мастер-пуансон является инструментом для пластического деформирования.

Для того чтобы уменьшить трудоемкость изготовления штампов и пресс-форм, на помощь инструментальщикам пришли физики, химики и другие специалисты. Появились новые методы обработки: электроэрозионные, электрохимические, химические, ультразвуковые и прочее. Под их влиянием меняется и представление об обрабатываемых инструментах как о телах, обязательно осуществляющих механическое силовое воздействие на деталь. Например, при электроискровой и электрохимической обработке «инструменты» не касаются обрабатываемых поверхностей и им высокая твердость не нужна. А где же инструмент в случае лазерной обработки? Получается, что им являются кванты света. Такой «инструмент» инструментальщики в буквальном смысле слова не сделают. Но не подумайте, что они в данном случае остаются без работы. Наоборот, здесь ее достаточно много, особенно для слесарей-инструментальщиков. Ведь их высокая квалификация позволяет собирать и отлаживать механическую часть точных приспособлений, приборов и инструментов для измерений.

Инструменты для измерений также делают инстру-

ментальщики. Ими же они и пользуются в своей важной и сложной работе. Остановимся на этом вопросе подробнее.

Любой из нас в повседневной жизни производит какие-нибудь, хотя бы самые простые измерения длины, массы, площади, объема. Возникшие в глубокой древности потребности в измерениях стимулировали появление самых разнообразных мер. Хранение эталонов мер во все времена у всех народов было делом особой важности и чести. Однако высокая точность эталона должна быть использована для определения величины предметов. Например, размеры деталей машин или расстояния между различными объектами устанавливают с помощью копий метра или его долей, выполненных с различной степенью точности. Так, в метрологической лаборатории на предприятии используют так называемые образцовые концевые меры длины и углов четвертого разряда. Они, конечно, менее точны, чем меры третьего или второго разрядов. Однако их точность оказывается достаточной, чтобы сверить контрольные и рабочие измерительные инструменты, используемые на рабочих местах в производстве. Образцовые меры предприятия сверяют с более точными, хранимыми в Государственных региональных центрах метрологии и средств измерений. Иерархия мер, их взаимная подчиненность по точности разделена на много уровней, повышаясь в своей значимости и степени ответственности до общенациональных, государственных масштабов.

Чтобы измерить предмет, мало знать меру длины. Нужен инструмент для измерений. Вся метрологическая наука и практика измерений по существу сводится к одному: установлению меры и сравнению с ней. Измерения можно осуществить абсолютным и относительным методами. При абсолютном методе эталон меры непосредственно прикладывают к предмету. Размер предмета в этом случае отсчитывают по показаниям шкалы прибора или измерительного инструмента, утапливая, сколько раз эталон меры или его доли уместился в размере предмета. Так, например, измеряют длину стола по числу штрихов на метровой линейке, приложенной к столешнице.

Однако методом прямого измерения не всегда удобно и просто измерить заданную величину. Достаточно сложен, например, инструмент для измерения длины ду-

ги. В подобных случаях измеряют не заданную поверхность или величину, а другую, связанную с ней геометрически и которую можно измерить более простым способом, быстрее и точнее. Так, измерив длину хорды, можно достаточно быстро определить длину дуги. Подобные измерения называют косвенными.

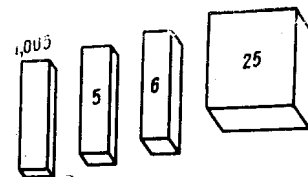
Численное значение размера нужно знать не так уж часто. Во многих случаях вполне достаточно установить, не вышел ли размер за пределы допустимых отклонений. Такой подход значительно упрощает проведение измерений, позволяет снизить их трудоемкость. Упрощается конструкция измерительного инструмента, снижается его стоимость. Так, качество изготовления отверстия можно установить двумя гладкими валиками, если их диаметры отличаются друг от друга на небольшую величину. Разница должна соответствовать значению допускаемой погрешности изготовления отверстия или, иначе говоря, допустимому отклонению от номинального размера. Отверстие можно считать годным, если валик с меньшим диаметром войдет в него свободно, а второй, большего диаметра — не войдет. Это свидетельствует о том, что фактический размер отверстия лежит в допустимых пределах отклонений относительно номинального размера, установленного расчетом и указанного на чертеже. Такой метод измерений называют относительным.

Измерительные инструменты, используемые при абсолютном и относительном методах измерений, принципиально отличаются друг от друга. Инструменты и приборы для абсолютных измерений универсальны и позволяют с заданной точностью измерить любой размер, вписывающийся в их пределы измерений.

Инструменты и приборы для относительных измерений узко специализированы. Их изготавливают или регулируют для контроля только одного или нескольких, взаимосвязанных, заранее заданных размеров или профилей поверхности.

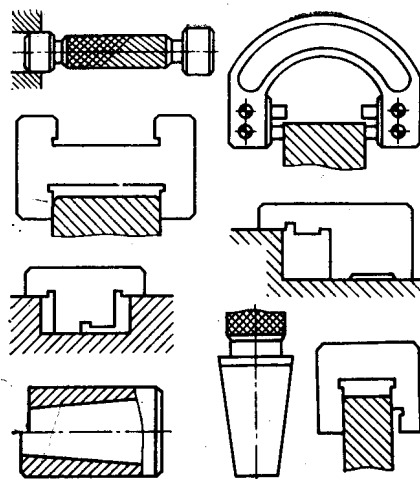
Для удобства практического использования *меры длины* изготавливают в форме прямоугольных плоскопараллельных стальных пластин, плиток и брусков сечением 9×30 и 9×35 миллиметров и длиной от 0,3 до 1000 миллиметров. Длина каждой меры содержит в себе строго определенное число миллиметров или его долей. Комбинируя набор из нескольких плиток, собирают блоки любого номинального размера. Комплексы плиток

Плоскопараллельные концевые меры длины (плитки Иогансона), простые по форме, но очень точные по размерам и трудоемкие в изготовлении



объединяют в наборы от 7 до 106 штук в каждом. Плитки тщательно шлифуют, полируют и доводят до таких параметров шероховатости, при которых между двумя поверхностями, находящимися в контакте, возможно проявление действия сил молекулярного сцепления. Именно эти силы соединяют поверхности двух притертых друг к другу плиток так прочно, что вполне обеспечивается возможность работы с образовавшимся блоком, как с единым целым бруском. Его размер теперь равен сумме толщин соединенных плиток. Так мера длины становится рабочим инструментом. Наборы концевых мер используют практически все предприятия, институты и организации, связанные с металлообработкой, и вообще с техникой.

Интенсификация современного производства в немалой степени осуществляется на основе специализации и укрупнения промышленных предприятий, развития кооперации труда. Даже самую простую машину, не говоря уже о таких сложных изделиях, как самолет или автомобиль, производят сотни специализированных заводов. Каждый завод изготавливает строго определенные изделия — болты, двигатели, провода, подшипники и т. д. Все они должны иметь такую точность, которая позволит в итоге собрать в единое целое требуемую машину. Взаимозаменяемость частей сложнейших современных изделий обеспечивается с помощью средств и методов метрологии — науки об измерениях. Точность, качество поверхности, свойства материалов, даже «взаимоотношения» деталей в машине — эти и многие другие измерения выполняют комплексом разнообразных средств измерений, руководствуясь требованиями правил стандартизации. Например, при оценке точности деталей и их сопряжений руководствуются значениями допустимых погрешностей изготовления, установленными в соответствии с принятой в СССР и странах СЭВ единой системой допусков и посадок. В числе разнообразнейших средств измерений — точные калибры и шаблоны — специфические измерительные инструменты, составляю-



Инструментальщики изготовляют и применяют различные калибры. Эти инструменты позволяют быстро распределить детали на две группы — годные и брак

щие группу так называемых мерителей.

Калибры — это бесшкальные инструмен-

ты. Они позволяют относительным методом определить наличие отклонений от заданных размеров, форм и взаимного расположения поверхностей, не устанавливая численных значений этих отклонений. Контрольные валики, о которых шла речь выше, и есть не что иное, как гладкие предельные калибры. Калибры могут иметь форму гладких или фасонных, шлицевых или резьбовых валиков, различных колец, скоб, шаблонов. Их, как правило, изготовляют для измерения только одного размера или ограниченного участка поверхности заданной формы. Эти калибры называют жесткими нерегулируемыми. Существуют регулируемые калибры — скобы, кольца, пробки. Рабочие элементы таких калибров можно установить на любой размер в пределах допустимого регулирования. В условиях мелкосерийного производства, при частой сменяемости изделий, использование жестких нерегулируемых калибров экономически неэффективно. Напротив, калибры, допускающие регулирование пределов измерений, позволяют в этих условиях значительно увеличить производительность труда, снизить себестоимость и повысить качество выпускаемой продукции.

Метод относительных измерений принят в конструкциях многих сложных приборов. Такие приборы часто встраивают и используют для контроля размеров поверхности в процессе ее обработки. Они анализируют результаты измерений и на их основе разрабатывают и пе-

редают органам управления команды на изменение режима работы агрегата. Приборы для активного контроля размеров совместно с приборами регулирования мощности привода, скорости, подачи, глубины резания образуют сложные системы адаптации станка, то есть способность саморегулирования его работы по заданным условиям точности и производительности. В наш век больших скоростей и высокой точности приборы активного контроля стали неотъемлемой частью любой автоматической линии, любого станка с числовым программным управлением, да и, пожалуй, любого современного механизма.

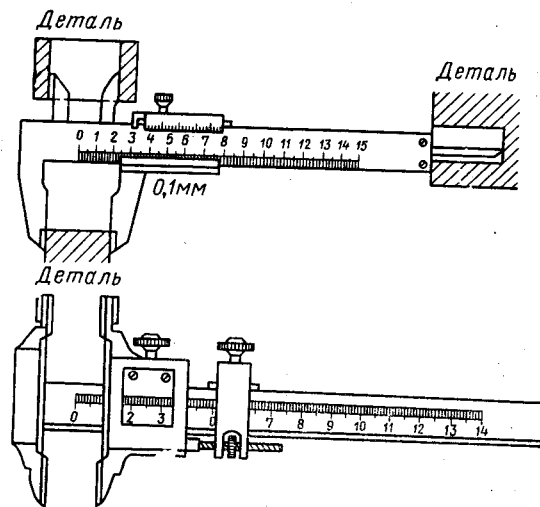
В числе измерительных инструментов больше других распространены *штриховые и микрометрические универсальные измерительные инструменты*. Каждый из нас пользуется в быту, на работе, во время учебы линейкой, рулеткой, складным метром, различными угольниками, транспортирами. Существует целое «семейство» штанговых и микрометрических инструментов — штангенциркули, штангенрейсмасы, штангенглубиномеры, штангензубомеры, микрометры, микроштихмасы и другие. Все эти инструменты называют штриховыми, так как они имеют штриховую шкалу. Расстояние между осями штрихов обычно равно 1 миллиметру. Для удобства отсчета расстояния между основными штрихами разделяют более короткими штрихами, позволяющими отсчитывать полмиллиметра. Этим намного упрощается процесс измерений, облегчается установление размера.

Точность отсчета штриховых инструментов увеличивают, используя специальное устройство, называемое нониусом. Нониус — это небольшая шкала, линейная, круговая или угловая. На нониусной шкале расстояние между соседними штрихами немного, например на 0,1 или 0,05 миллиметра, меньше, чем на основной шкале, нанесенной на штанге или линейке измерительного инструмента. Нониусную шкалу укрепляют на подвижной части инструмента. При измерении вначале отсчитывают целое число штрихов основной шкалы до того места, с которым совпал первый штрих шкалы нониуса. Далее определяют, какой из штрихов нониуса совпадает с штрихом шкалы основной линейки.

Вспомним, что расстояние между штрихами нониуса короче, чем между штрихами основной шкалы на величину, называемую масштабом нониуса. Значит, расстояние между двумя штрихами нониуса и двумя штрихами

ми основной шкалы меньше на одну единицу масштаба. Совместим начала шкал. Расстояние между нулевыми и первыми штрихами основной шкалы и шкалы нониуса окажется меньше на единицу масштаба, между нулевым и вторыми штрихами — на две величины масштаба, между нулевым и третьими — на три и так далее. Например, при масштабе нониуса, равном 0,1 миллиметра, расстояние между нулевым и десятым штрихами нониуса будет равно девяти расстояниям между штрихами на основной шкале, то есть 9 миллиметрам. Теперь понятно, что для точного отсчета размера нужно вначале посмотреть, какой номер штриха основной шкалы совпал с нулевым штрихом нониуса. Затем к полученному целому числу добавить столько единиц масштаба нониуса, сколько штрихов основной шкалы не совпало со штрихами нониуса. Иначе говоря, число добавляемых единиц масштаба соответствует номеру того штриха нониуса, который совпал с одним из штрихов основной шкалы.

Наиболее простым и распространенным штанговым штриховым инструментом считают *штангенциркуль*. Главная его часть — штанга. Это жесткая линейка. На ее поверхность нанесена миллиметровая шкала. К штанге прикреплена поперечная планка, выполненная в виде



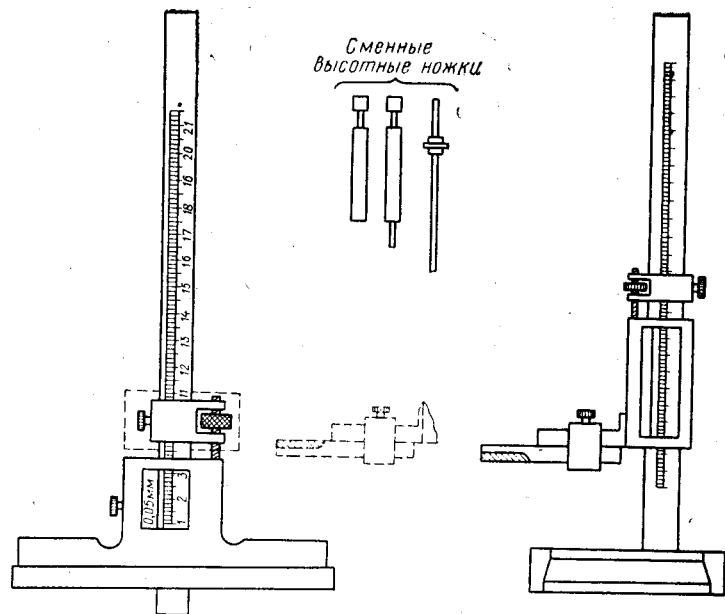
Трудно представить себе машиностроителей и инструментальщиков без штангенциркулей

точной плоскопараллельной пластины — губки. Подвижная часть, несущая на себе такую же губку, имеет форму рамки, скользящей по штанге. Нониусная линейка, о которой шла речь выше, укреплена непосредственно на корпусе рамки. Часто губки имеют по две измерительные поверхности, соответственно для измерений наружных и внутренних размеров. Губки для наружных измерений делают острыми. Такой штангенциркуль можно использовать для разметочных работ. Для точного регулирования положения губок при разметочных работах используют дополнительную каретку тонкой подачи. Она находится на штанге, за основной рамкой, и соединена с ней небольшой винтовой парой. Вращением винта при неподвижном положении каретки обеспечивается незначительное и плавное перемещение основной рамки инструмента.

У нас в стране выпускают несколько типов штангенциркулей — от ШЦ-I до ШЦ-III. Предел измерения штангенциркулем ШЦ-I составляет 0—125 миллиметров с точностью 0,1 миллиметра. Самые большие из ШЦ-II имеют предел 0 — 320 миллиметров с величиной отсчета по нониусу 0,05 миллиметра. Штангенциркули-гиганты позволяют измерить размеры до 4 метров с величиной отсчета по нониусу 0,1 миллиметра.

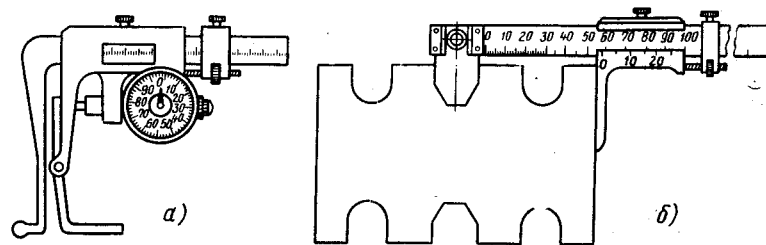
К семейству штангенинструментов относят также штангенглубиномеры и штангенрейсмасы, применяемые для измерения глубин и высот различных деталей. Для контроля канавок штампов и пресс-форм, взаимного расположения и размеров пазов, точности изготовления профиля матриц, определения межцентрового расстояния в направляющих типа ласточкин хвост и для других специальных измерений слесари-инструментальщики используют универсальные штангенкалибры с фасонными губками и вставными шаблонами. Применяют также штангенинструменты с мерными прямыми и изогнутыми штифтами, а для повышения точности измерений их оснащают индикаторами.

В последнее время в конструкции традиционных штанговых измерительных инструментов широко используют электронику. Находят широкое применение штангенинструменты с электронными устройствами цифровой индикации. При пользовании такими инструментами нет надобности напрягать зрение, размер можно прочесть. Он высвечивается на табло прибора так же, как

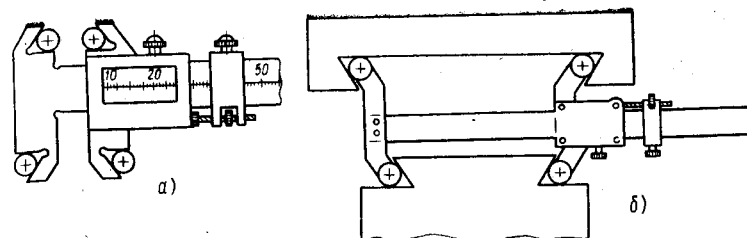


Для измерения высот, глубин и разметки деталей применяют штангенглубиномеры и штангенрейсмасы

на электронных часах, причем не с точностью в 0,1 или 0,05, либо даже 0,02 миллиметра, к которым мы привыкли при измерении размеров обычными штанговыми инструментами, а намного большей—0,01 миллиметра. Это, несомненно, универсальные измерительные инструменты недалекого будущего.



Такие штангенинструменты применяют и делают инструментальщики:
а — с индикатором и поворотным устройством мерной губки; б — со вставными шаблонами

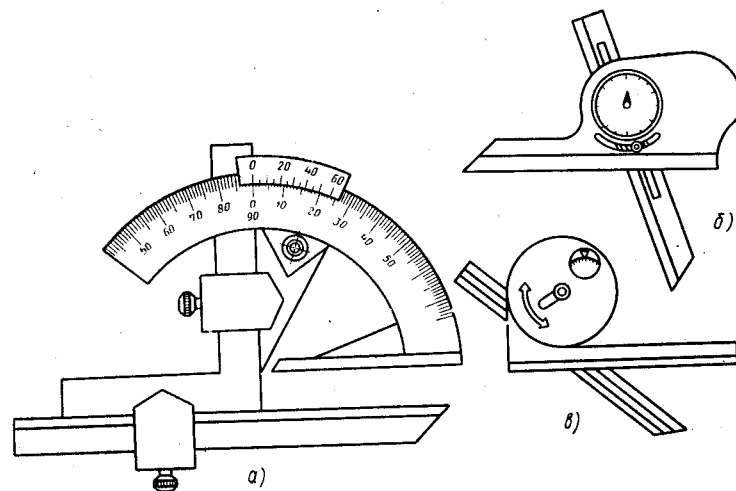


Для специальных измерений необходимы универсальные раздвижные штангенкалибры:

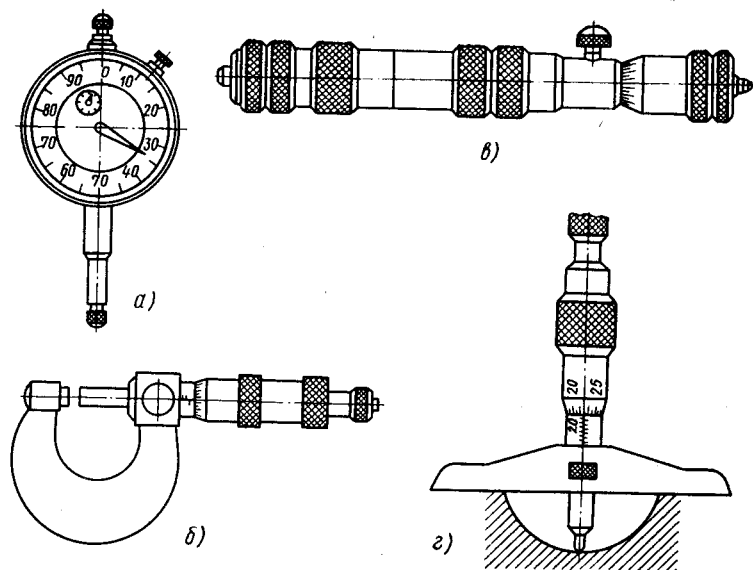
а — с роликами; б — с неподвижными шариками

В практике инструментальных работ часто измеряют угловые величины. Для этой цели служат *угломеры*. Они имеют нониусы, которые позволяют отсчитать показания угломера с точностью до нескольких минут. Инструментальщики часто используют оптические угломеры и угломеры, снабженные индикаторами часового типа. По ним значительно удобнее отсчитывать угловой размер, что намного повышает производительность труда.

В своей деятельности инструментальщики не обходятся и без самых простых инструментов — угольников, линеек и т. п. Наибольшее распространение получили угольники, имеющие угол 90° , специальные лекальные



Углы резцов, штампов, пуансонов и других деталей измеряют угломерами:
а — с нониусом; б — с индикатором; в — с оптическим отсчетом



Индикаторы часового типа (а), микрометры (б), нутромеры (в) и глубиномеры (г) применяют в машиностроении и в инструментальном производстве

линейки для измерений прямолинейности, различные резьбомерные линейки и шупы.

Обычный штанговый штриховой инструмент при всей своей простоте и удобстве обеспечивает измерение с точностью не более чем 0,02 миллиметра. Для более точных измерений используют микрометрический штриховой инструмент, например, микрометр. Основной его элемент — винтовая пара с особой, микронной точностью и метрической резьбой. Микрометр имеет форму скобы. Один ее конец служит для крепления неподвижной измерительной губки с твердой пяткой. На другом конце скобы установлены все элементы отсчетного устройства: микрометрическая винтовая пара с подвижной шкалой, гильза с поворотной шкалой, не перемещающейся вдоль оси, элементы устройства для регулирования силы нажатия винта на измеряемую поверхность (так называемая «трещотка»), то есть все, что необходимо для перемещения винта и отсчета размера. По этому принципу сконструирована целая гамма измерительных микрометрических инструментов: микрометры, микрометрические

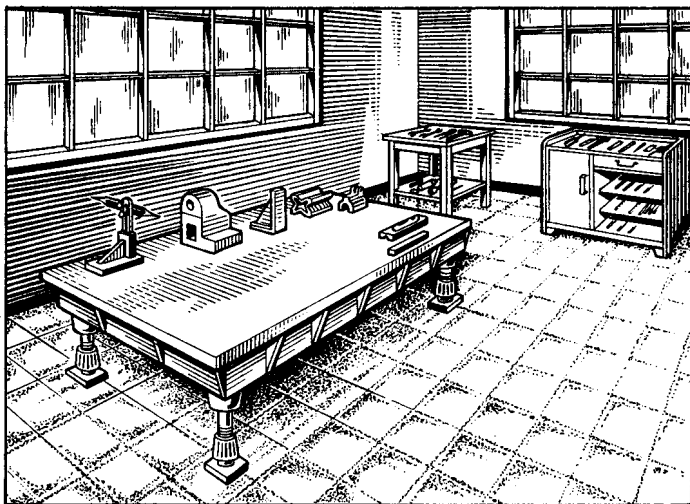
нутромеры, глубиномеры, резьбовые микрометры. Их широко применяют для оценки точности и качества изготовления деталей машин и приборов, сложнейших и точных штампов, пресс-форм, режущих, измерительных и иных инструментов.

Помимо измерительных инструментов, слесари-инструментальщики используют и стационарные приборы: проекторы для контроля размеров небольших, но сложных по форме деталей; оптиметры, с помощью которых определяют точность изготовления калибров, концевых мер и отклонение размеров точных деталей; и, конечно, инструментальные микроскопы. Большие и малые инструментальные микроскопы предназначены для измерения углов сверл, резцов, разверток, метчиков и прочих инструментов. С их помощью по координатам определяют размеры шаблонов, штампов, технологической оснастки.

Хорошо знакомы слесарям-инструментальщикам приборы для измерения шероховатости поверхности. Как же может быть иначе? Ведь конструкторские и технологические требования к качеству шероховатости поверхностей деталей и инструментов различные. Чтобы их выполнить, необходимо провести обработку с использованием разнообразных станков, инструментов и режимов.

Так, строгание дает среднее арифметическое отклонение профиля микронеровностей поверхности в пределах 0,800 — 25,000 микрометров, фрезерование — 0,400 — 12,500, точение и растачивание — 0,400 — 12,500, шлифование — 0,025 — 3,200 микрометра, а полирование — и того меньше. Понятно, что получить полированные поверхности сложнее, чем, скажем, грубые из-под резца строгального станка. И, конечно, не только сложнее, но и дороже. Поэтому шероховатость поверхностей должна быть назначена рациональной, строго отвечающей условиям работы деталей и требованиям технической эстетики.

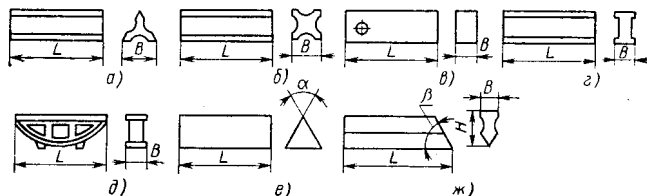
Для этого параметры шероховатости поверхностей должны быть измерены количественно, т. е. в точных численных величинах, и качественно. При количественном контроле применяют такие приборы, как профилографы, профилометры и профилографы-профилометры. При качественном контроле используют специальные образцы сравнения. Их поверхности сравнения имеют цилиндрическую выпуклую, вогнутую или плоскую фор-



Слесари-инструментальщики работают в светлом и чистом помещении. Основное место в нем занимает разметочная плита с набором оснастки

му. Образцы шероховатости комплектуют в наборы по видам обработки и материалам. Так легче «на глаз» провести сравнение.

Разнообразны инструменты, приборы и приспособления, которые используют и делают слесари-инструментальщики. И все они необходимы и важны. Но среди них особо выделяется одно приспособление. Это — контрольно-разметочная плита. Без нее слесари-инструментальщики прямо, как без рук. На плитах устанавливают де-



Линейки инструментальщиков отличаются по форме и размерам. Их длина L может быть от 200 миллиметров до 4 метров, ширина B — от 5 до 100 миллиметров, а для некоторых и больше; углы скосов α и β — 30, 45, 55, 60°. Типы линейек:

a — ЛТ; b — ЛЧ; $в$ — ШП; $г$ — ШД; $д$ — ШМ; $е$ — УТ; $ж$ — ЛД

тали, заготовки, инструменты и приспособления. На них осуществляют разметку, контроль и многие другие ответственные работы. Плиты должны быть точными и требования к ним предъявляют высокие. Их постоянно проверяют на точность и качество поверхности, оберегают от вибраций, ударов и пыли. Каждый слесарь-инструментальщик хорошо знает особенности, паспорт своих плит. А они бывают далеко не малых размеров. Большие плиты — от 1500×3000 до 4000×6000 и даже $6000 \times 10\,000$ миллиметров. Шесть метров на десять метров — настоящая площадка для игры в волейбол! Малые плиты имеют размеры пос скромнее: 100×200 и другие, вплоть до 450×600 миллиметров.

Плоскости разметочных плит проверяют специальными точными линейками, щупами и даже с помощью краски. Так, толщина щупа, который проходит в щель между разметочной плитой и линейкой, не должна превышать 0,01 — 0,03 миллиметров на длине 200 — 300 миллиметров. Отметим, что линейки имеют разный класс точности, профиль поперечного сечения и длину (от 50 до 4000 миллиметров). Если плоскостность проверяют не щупами, а с помощью краски, нанесенной на измерительную поверхность плиты, то определяют число пятен краски, оставшихся на контролируемой поверхности. В зависимости от требуемой степени точности должно быть достигнуто минимальное число пятен краски (от пяти до тридцати) в квадрате 25×25 миллиметров. Если пятен меньше, то поверхность пришабривают. Эта работа требует от человека большего навыка, терпения и аккуратности.

Итак, слесари-инструментальщики выполняют самые разнообразные работы и делают это с помощью различных инструментов, приборов и приспособлений. Но не подумайте, что все инструментальщики обладают одинаковой квалификацией. И здесь, как и в любой профессии, имеются ступени, ведущие к вершинам мастерства. Достичь их не так легко. Чтобы в этом убедиться, откроем «Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих» (вып. 2) и ознакомимся с характеристиками работ слесарей-инструментальщиков.

Начнем со *второго разряда*, для получения которого требуется по характеристике: «слесарная обработка деталей по 11 — 14-му качеству; сборка и ремонт простых приспособлений, режущего и измерительного инстру-

мента. Закалка простых инструментов. Изготовление и доводка сырых шаблонов, лекал и скоб под закалку по 11-му качеству. Нарезание резьбы метчиками и плашками с проверкой по калибрам. Изготовление и слесарная обработка инструмента и приспособлений средней сложности с применением специальной технологической оснастки и шаблонов под руководством слесаря-инструментальщика более высокой квалификации». Он должен знать: «назначение и правила применения простого слесарного и контрольно-измерительного инструмента и приспособлений, основные сведения о допусках и посадках, классах точности и качествах и обозначение их на чертежах; принцип работы сверлильных и припиловочных станков, правила установки припусков для дальнейшей доводки, с учетом деформации металла при термической обработке».

В качестве примеров скажем, что слесарь-инструментальщик второго разряда изготавливает воротки и шаблоны, гаечные ключи, делает подгонку режущих твердосплавных пластин для сверл, ремонтирует несложные матрицы, пуансоны и измерительные приборы, он опиливает пазы, применяет плашки и метчики.

А теперь для сравнения приведем полную характеристику работ слесаря-инструментальщика *шестого* разряда: «Сборка, доводка и тщательная отделка особо точных, ответственных и сложных уникальных пресс-форм, штампов, приспособлений, инструментов, приборов и опытных нумерационных аппаратов. Изготовление особо точных, сложных и ответственных лекал с расположением плоскостей в различных проекциях с соблюдением размеров по 5 — 6-му качеству и параметров шероховатости 0,04 — 0,025 микрометров. Разметка и вычерчивание любых сложных изделий. Термообработка (закалка, цементация) деталей и инструментов и доводка в соответствии с техническими условиями. Регулировка оптических приборов (угломеров, оптиметров, компараторов и др.)». Он должен знать: «конструкцию, назначение и правила применения ответственных и уникальных контрольно-измерительных приборов, инструментов и приспособлений, а также наиболее рациональные способы их изготовления, отделки, испытания, регулировки и ремонта в пределах 5—6-го качества; способы упрочнения рабочих поверхностей измерительного инструмента хромированием, электроискровой обработкой и т. д.» За-

метим для примера, что слесарь-инструментальщик высшего разряда изготавливает и доводит конусные калибры, лекала и контрлекала, контрольные плиты и концевые меры, производит полную слесарную обработку по 5—6-му качеству до и после закалки особо сложных пресс-форм, шаблонов, штампов и фильер, обеспечивает ремонт, испытание и сдачу своей работы.

Конечно, это не означает, что слесарь-инструментальщик делает все сам — и штампы, и пресс-формы, и измерительные инструменты, регулирует и ремонтирует приборы, короче — выполняет все, о чем шла речь выше, один. Отнюдь! Это мастер высшей квалификации, член трудового коллектива. Труд мастера есть часть коллективного труда, и его итоги можно оценить только по степени влияния труда одного на конечный результат труда всех. Но, тем не менее, слесарь-инструментальщик должен уметь и знать все то, о чем шла речь в справочнике.

Действительно, не каждому под силу изготавливать и собирать сложные штампы и пресс-формы. Не каждый может делать измерительные инструменты и приборы, отличающиеся высокой точностью и надежностью. И все это выполнять качественно из очень твердых и прочных материалов с ответственностью за порученное дело, с любовью к профессии слесаря-инструментальщика.

И ТВЕРДЫЕ, И ПРОЧНЫЕ

Итак, мы уже выяснили, что инструментальщики изготавливают разнообразные режущие и измерительные инструменты, штампы, пресс-формы, приспособления и даже большие и маленькие разметочные плиты, все то, что в совокупности часто называют технологической оснасткой. Следует отметить, что у специалистов до сих пор нет единства взглядов о слагаемых этого понятия. Например, есть мнения, что режущий инструмент или измерительные приборы не следует включать в технологическую оснастку. Но для нас сейчас это не столь принципиально. Важно разобраться в другом — из каких материалов делают инструментальщики свои изделия. Может быть все они, несмотря на разнообразие, выполнены из одного и того же материала? Или каждому изделию необходимы разные материалы? А, возможно, существуют какие-то другие варианты.

Выбор материала определяется требованиями, кото-

рые продиктованы назначением и условиями эксплуатации изделий. Так, инструменты для обработки резанием должны быть тверже обрабатываемых материалов, для того чтобы они были способны осуществлять процесс резания. Это правило распространяется в обязательном порядке на все без исключения металлорежущие инструменты. Помимо высокой твердости и способности ее сохранять при как можно больших температурах, инструментальные материалы должны обладать хорошей износостойкостью в условиях значительных давлений и температур. Кроме того, они должны быть прочными, легко обрабатываться, да и стоить подешевле. Как видите, требований достаточно много и они все время усложняются и ужесточаются, особенно теперь, в эпоху научно-технической революции.

Большинство точных измерительных инструментов работает в области нормальных температур и при невысоких удельных давлениях. Поэтому к материалам для измерительных инструментов не предъявляют особых требований по жаростойкости в сочетании с как можно большей прочностью при динамических нагрузках. Но они не должны изменять свои точные первоначально заданные размеры и форму в течение длительного времени, должны быть износостойкими, обладать малой химической активностью и легко обрабатываться.

Материалы, из которых выполняют пресс-формы и штампы, особенно способом горячего деформирования, должны обладать высокой вязкостью для предупреждения трещин и поломок, износостойкостью и окислостойкостью, иметь хорошую теплопроводность для быстрого отвода тепла и нагрева деталей по всему сечению, быть прочными, теплостойкими и химически стойкими. Требования, как видите, противоречивые и сложные.

Однако не думайте, что в каменном веке выбор материала был простым делом. И тогда существовали свои сложности. Ведь, например, техника скалывания, расщепления и ретуши позволяла использовать только кремнистые породы из группы кварца, которые не часто встречаются в природе. Орудия из камня, как известно, не были вытеснены медью и бронзой в бронзовом веке. Только железо решило вопрос. Интересно, что оно свой древний путь совершало из Армении, где на северо-восточных склонах горы Арарат добывали гематиты и получали искусственным путем железо, к шумерам, а от них

в Египет. В 1400 году до нашей эры в Армении стали применять закалку. Позже закалка железа, как и оно само, появилась у многих народов, но техника термической обработки сохранялась в глубокой тайне. Мы уже знаем, что закаленные стальные инструменты и даже цементированное железо с успехом применяли древнерусские мастера.

Так продолжалось многие столетия, пока в 1856 году на смену высокоуглеродистой закаленной стали не пришли инструменты, сделанные из легированных сталей. Вначале сталь легировали хромом, вольфрамом, марганцем, затем молибденом, кобальтом, титаном, танталом, ванадием. Такие инструментальные стали называли **быстрорежущими, так как они допускали скорость резания до 30 метров в минуту против 5 метров в минуту для резцов из закаленной стали.** Когда же был получен карбид вольфрама с высокой прочностью и температурой плавления около 3000°C, то он сразу же привлек к себе внимание. На его основе в смеси с кобальтом появился сплав победит, который по твердости немного уступал алмазу. Его красностойкость возросла до 900°C, а скорость резания инструментов, оснащенных победитом, поднялась до 300 метров в минуту. Но и это оказалось не пределом. Был создан сплав, не содержащий карбид вольфрама и в принципе представляющий собой камень. Этот неметаллический материал обладал огнеупорностью 2000°C, красностойкостью 1200°C, т. е. на 300°C выше победита. Изготовленные из этого «камня» резцы позволили известному токарю П. Быкову достичь скорости резания при тчении 3200 метров в минуту.

Мир инструментальных материалов не хаотичен, а подчинен четкой градации. Основной группой материалов, применяемых в производстве инструментов, являются **инструментальные стали.** К ним относятся углеродистые стали, инструментальные легированные, быстрорежущие стали и конструкционные. Наиболее древними из группы инструментальных сталей являются *углеродистые стали.* Они фактически представляют собой сплав железа с повышенным содержанием углерода — от 0,65 до 1,35 процентов. Казалось бы, десятки доли процента — небольшая величина. Но эти десятки существенно изменяют свойства стали — сплава железа и углерода. Так, с увеличением количества углерода в стали повышается ее твердость, износостойкость, прокаливаемость, но уве-

личивается хрупкость. Углероду отводят должное. Его вводят в обозначение углеродистых сталей, где после буквы «У» (углеродистая) ставят цифры, показывающие содержание углерода в десятых долях процента. Например, У7, У8 и далее до У13. Если углеродистая сталь еще и высококачественная, с малым присутствием вредных примесей, таких как сера, фосфор и прочее, то добавляют знак отличия — букву «А». Сравните У10 и У10А.

Из сталей У7 — У9 инструментальщики делают молотки, зубила, ножницы, кернеры, плоскогубцы. Для матриц и пуансонов берут стали У8 — У10. Развертки, метчики, надфили и резцы изготавливают из сталей У10—У12. А вот сталь У13, хотя и очень твердая и износостойкая, но для резцов не годится — хрупкая. Поэтому ее применяют для «безударных» инструментов — шаберов и напильников.

Гораздо больше инструментальных легированных сталей. Это объясняется разнообразием элементов, которые вводят специально в стали, чтобы получить те или иные желаемые свойства. Легирующие элементы имеют буквенное обозначение в марках сталей. Например, алюминию присвоена буква Ю, бору — Р, ванадию — Ф, вольфраму — В, кобальту — К, кремнию — С, марганцу — Г, молибдену — М, никелю — Н, ниобию — Б, титану — Т, хрому — Х. Углероду здесь символ не дали. Но зато его присутствие отмечается цифрами, стоящими на самом первом месте в обозначении марок сталей. Они указывают среднее содержание углерода в десятых долях процента. Если же углерода около одного процента, то число 10 не проставляется. В марках инструментальных сталей имеется информация и о количестве легирующих элементов. Все строго — сначала символ того или иного элемента, а затем цифра, показывающая его содержание в процентах. Не только строго, но и рационально, так как цифра после буквы не ставится, если элемента в стали меньше одного процента.

Теперь можно легко расшифровать марки инструментальных легированных сталей — тех, с которыми постоянно имеют дело инструментальщики. Возьмем сталь 9ХВГ. Все ясно! Углерода в ней 0,9 процента, а хрома, вольфрама и марганца — около или менее одного процента. Не ясно только, зачем нужны конкретно эти и другие элементы. Это сложный вопрос, так как легирующие элементы находятся в стали не сами по себе, а еще и об-

ладают взаимным влиянием, что в совокупности отражается на свойствах стали. Применительно к стали 9ХВГ получается, что хром, вольфрам и марганец каждый повышает твердость и прочность стали. А вот жаропрочность ванадий снижает, а марганец в сочетании с хромом ее повышают. Но зато вольфрам уменьшает склонность стали к перегреву, а марганец увеличивает. Что касается коррозионной стойкости, то вольфрам ее несколько ухудшает, а благодаря марганцу и хрому она возрастает. С другими элементами в других сталях также не все просто. Но раз они там есть, значит они необходимы. И это решалось мучительно долго, проходя путь от научного поиска, проверки на практике и до внедрения, пока стали не сделались достойным инструментарием.

Легированные инструментальные стали, так же как и углеродистые, хороши не для всех случаев. Например, стали 9ХВГ, ХВГ, ХГС, 12Х1 используют для изготовления измерительных инструментов. Для режущих инструментов предназначены стали 9ХС, 11ХФ, 13Х, 9Х5ВФ, ХВСГ и другие. Штампы для холодного деформирования делают из сталей Х12М, Х6ВФ, а для горячей штамповки — из сталей 5ХГМ, 6ХВ2С, 4Х5В2ФС. Заканчивая маленький экскурс в инструментальные легированные стали заметим, что они по сравнению с углеродистыми сталями обладают повышенной вязкостью, меньшей склонностью к деформациям и трещинам при закалке.

А теперь кратко остановимся на сталях, о преимуществе которых перед углеродистыми и легированными инструментальными прямо говорит их название. Это — *быстрорежущие стали*, т. е. стали, которые позволяют вести обработку резанием с более высокими скоростями. Дело в том, что при резании инструмент нагревается, и тем сильнее, чем больше скорость резания. Но, наконец, наступает температура, при которой сталь нагревается настолько, что теряет свою прочность, твердость и режущие свойства. Так вот, быстрорежущие стали сохраняют режущие свойства до температуры 600—650°C. Поэтому инструментальщики и делают из быстрорежущих сталей самые разнообразные инструменты: резцы, сверла, развертки, зенкеры, метчики, плашки, протяжки, фрезы и зуборезный инструмент. Марок быстрорежущих сталей много. Раз так, то есть возможность их выбора. Для обработки жаропрочных и коррозионно-стой-

ких сталей берут, например, стали Р18К5Ф2, Р6М5К5. Если же инструменты предназначены для обработки обычных конструкционных сталей, то хороши и марки Р9, Р12, Р18, Р6М5, Р6М5К5.

Мы специально привели здесь марки быстрорежущих сталей, не вручив сразу ключ для их расшифровки. Кажется просто, вроде бы тот же принцип, что и для легированных инструментальных сталей. Буквы М — молибден, Ф — ванадий, К — кобальт означают элементы, а за каждой — цифра для указания их процентного содержания. Однако есть и серьезные отличия от уже известного нам принципа. Так, букве Р отведена в данном случае главная роль — она обозначает, что сталь быстрорежущая, но это не обозначение элемента бора, как при расшифровке легированных сталей. Кроме того, цифры, стоящие за буквой Р, свидетельствуют о процентном содержании вольфрама. А где же углерод — этот важный элемент, так сильно влияющий на свойства сталей? О нем забыли или его просто в быстрорежущих сталях нет? Углерод, конечно, есть, но о нем можно, как правило, узнать из таблиц химического состава быстрорежущих сталей. Так, в разных марках Р9 и Р12 содержится почти одинаковое количество углерода в пределах 0,80—0,95 процентов. Аналогичная судьба и у хрома, которого в быстрорежущих сталях достаточно мало — от 3 до 5,8 процентов.

Быстрорежущие стали весьма дороги, так как содержат редкие элементы, поэтому с целью их экономии многие инструменты делают составными: режущую часть — из быстрорежущих сталей в виде закрепленных маленьких пластинок, а остальное — из конструкционных сталей, лучше всего легированных.

Из конструкционных легированных сталей инструментальщики делают детали штампов, сборных режущих инструментов, отвертки, ключи под головки винтов и прочие инструменты. Обозначают конструкционные легированные стали так же, как и инструментальные легированные стали. Полагаем, что Вы теперь сами сможете дать расшифровку конструкционных сталей 40Х, 50Х, 9Х2, ХВ5 и других.

Современным инструментальщикам хорошо знакомы не только рассмотренные нами выше инструментальные стали, но и **порошковые материалы**. Они состоят из карбидов тугоплавких металлов, таких как карбиды вольф-

рама, титана, тантала, карбонитрида титана. В качестве связующих элементов применяют кобальт, молибден, никель. По наличию вольфрама спеченные сплавы подразделяют на вольфрамосодержащие и безвольфрамовые твердые сплавы. Это отображается в их обозначении. Например, сплавы ВК3 и ВК8 состоят из карбида вольфрама (В) и металлического кобальта (К) в виде связки. Цифры 3 и 8 указывают на процентное содержание кобальта. Значит остальное — карбид вольфрама. Чем больше в сплаве кобальта, тем меньше его твердость, но выше вязкость и прочность при изгибе. Сплав Т15К6 состоит из карбида титана (Т) — 15 процентов, кобальта (К) — 6 процентов и карбида вольфрама 79 процентов. Этот сплав относят к группе титано-вольфрамовых. В безвольфрамовых же твердых сплавах содержится карбид титана или карбонитриды титана, а в качестве связки применены никель и молибден. Отсутствие в сплавах вольфрама делает их дешевле.

Твердые сплавы применяют для обработки различных сталей, в том числе закаленных, легированных и ковких чугунов, цветных металлов, а также для изготовления приспособлений, инструментов и некоторых деталей машин с повышенной износостойкостью. Большей частью спеченные сплавы выпускают в виде пластинок и стержней, которые затем инструментальщики закрепляют на разнообразных инструментах. Эта ответственная и важная работа требует особого внимания и навыков, так как плохое закрепление инструментов приводит не только к выходу их из строя, но и к возможному браку обрабатываемых деталей.

Не менее сложно обстоит дело и с так называемой **режущей керамикой**. Ее делают из окиси алюминия с добавлением карбидов и нитридов титана, окиси хрома. Она почти в 2—3 раза легче, чем твердые сплавы, превосходит их по твердости и износостойкости. Мало того, теплостойкость керамики составляет примерно 1200°C для марок ВЗ, ВОК60 и 800—900°C — для сплавов групп ВК и ТК. Но и у режущей керамики есть своя ахиллесова пята — она боится ударов и изгибов. Чуть что — ломается. Твердая, но хрупкая. Правда, в последнее время освоен выпуск нового вида керамики «Силинит-Р» на основе нитрида кремния. Она и тверже, и прочнее при изгибе, но все равно легко ломается. Что поделаешь! Выигрывают в одном, но теряют в другом.

Инструментальщикам хорошо знакомы так называемые синтетические **сверхтвердые инструментальные материалы**. Ими оснащают режущие части многих инструментов путем напайки или механического крепления пластинок различной формы. А пластинки эти очень твердые и износостойкие. Недаром они сделаны на основе кубического нитрида бора, который по твердости близок к алмазу. Эти «сверхтвердые» имеют собственные имена: эльбор-Р, белбор, гексанит-Р. Ими можно обрабатывать не только закаленные стали, но и сплавы, твердость которых очень высока.

Некоторые материалы превосходят даже алмаз по такой важной характеристике, как температурная стойкость. У гексанита-Р она составляет 800—900°C, эльбора-Р равна 1200°C, карбида титана — 1700—1900°C, а у карбида вольфрама — даже 3140°C. Куда уж тут тягаться природному алмазу, у которого этот показатель всего 700—800°C.

Если теперь раздробить в порошок гексанит-Р, то получим гексанит-А, который применяют как искусственный абразивный материал.

Но не только гексанит обладает таким качеством. К искусственным абразивным материалам относят также эльбор, карбид кремния, электрокорунд синтетический алмаз и другие.

Таким образом, в распоряжении инструментальщиков имеются инструментальные стали, металлокерамические твердые сплавы, режущая керамика, синтетические сверхтвердые материалы и абразивные материалы. Их применяют для производства самых разнообразных инструментов, технологической оснастки. Но требования к материалам у инструментальщиков весьма противоречивые. Мы этого вопроса частично уже касались. Сейчас хотелось бы остановиться на тех особых требованиях, которые имеют самое непосредственное отношение к инструментальным сталям и выполнение которых основано на глубоком понимании основ материаловедения и задач практики.

Итак, инструментальные стали должны быть очень твердыми для того, чтобы ими обрабатывать, и быть как можно менее твердыми для того, чтобы их самих обрабатывать. Они должны обладать хорошей механической обрабатываемостью и в то же время быть прочными и износостойкими. Они должны быть двуликими, но про-

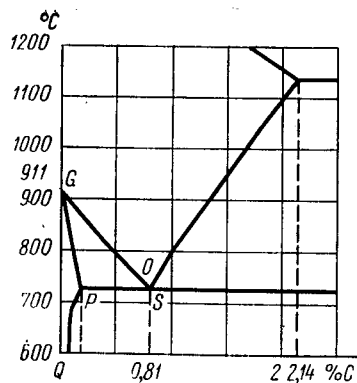
являть свои свойства только по воле инструментальщиков.

Приручение стали началось очень давно. Было замечено, что с изменением температуры меняются свойства стали, что быстрое охлаждение нагретой добела стали приводит к увеличению ее твердости. Но при этом сталь становится очень хрупкой. Опытным путем также обнаружили, что закаленную твердую и хрупкую сталь можно улучшить, если ее затем нагреть лишь «досиня» и медленно охладить. Эти, как называют теперь, операции термической обработки, производили «на глаз», с сохранением своего искусства в глубокой тайне. Иногда профессиональные тайны описывались в виде рецептов. Истинных представителей о сущности термической обработки стали не имели и продолжали все делать по традиции, используя многолетний опыт. А опыт часто подводил, становился беспомощным, особенно в производственных условиях крупных заводов. Дело в том, что одна и та же сталь то принимала закалку, то не принимала. То становилась твердой и прочной, то почти не меняла своих свойств.

Благодаря трудам известного русского металлурга П. М. Обухова заводы России стали выпускать самые прочные броневые листы и орудия из них. Успехи были налицо. Сделанные из обуховской стали сабли, кирасы, ружья, инструменты были великолепными. Достаточно сказать, что инструментальная сталь П. М. Обухова рублила лучшую английскую сталь, а инструменты, сделанные из нее, работали дольше. Но при этом, несмотря на прекрасные рецепты и разработки П. М. Обухова, механические качества металла оказывались непостоянными. То они были великолепными, то плохими. Все попытки разобраться в причинах такого поведения сталей оставались безуспешными.

Только в 1863 году молодой двадцатичетырехлетний инженер Дмитрий Чернов установил причины неудач в производстве сталей. Он открыл критические точки температур, при которых происходят внутренние структурные превращения в стали и изменения ее свойств.

В результате многолетних трудов учеными была построена так называемая диаграмма состояния сплава железо — углерод. Эта диаграмма состояния, в основе которой лежит открытие Д. Н. Чернова, стала тем ключом, без которого немыслимо в настоящее время управ-



Вот она — часть диаграммы состояния сплава железо—углерод, тайны которой так тщательно охраняла природа до открытия Д. Н. Чернова

ление свойствами сталей и чугунов, немисливо машиностроение и инструментальное производство.

Современная диаграмма состояния сплава железо—углерод большая и сложная. Мы конечно, не будем здесь ее полностью рассматривать. Для этого есть специальные учебники, пособия, справочники. Остановимся вкратце лишь на той ее части, которая позволит пояснить не только двуликость сталей, но и в некоторой степени осветить еще одну грань профессии инструментальщиков.

Прежде всего, обратите внимание на то, что по горизонтальной оси диаграммы отложено содержание углерода в стали. Оно не превышает 2,14 процентов. Если содержание углерода больше, то это будет уже не сталь, а чугун. Если углерода нет, то мы имеем дело не со сталью, а с железом. Поэтому температура 910°C соответствует переходу железа- α в железо- γ для чистого железа, а не для его сплава с углеродом. Эту точку называют критической и обозначают AC_3 . С увеличением содержания углерода до 0,8 процента критическая температура перехода железа- α в железо- γ все время падает вплоть до точки S. Таким образом, на линии GS лежат все критические точки, обобщенные символом AC_3 , знание которых так необходимо для закалки и о существовании которых не знали до Д. Н. Чернова.

Попробуем теперь выбрать температуру закалки углеродистой инструментальной стали У7. Как мы уже знаем, углерода в ней в среднем около 0,7 процента. На диаграмме берем абсциссу 0,7 процента и от нее восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с линией GS. Полученная точка и даст критическое значение температуры AC_3 , с которой начинается закалка. На практике добавляют еще «про запас» пару десятков градусов. Если теперь мы используем эту критическую температуру для закалки стали 40, в которой углерода

0,40 процента, то не добьемся нужного эффекта. Почему? Все объясняется просто. Посмотрите на диаграмму. Для стали 40 температура закалки должна быть выше, чем для стали У7. А для инструментальной стали У8 меньше, чем для У7. Значит, для закалки необходимо точно знать, сколько углерода в стали и положение точки AC_3 на кривой GS диаграммы, т. е. температуру закалки. Это главное условие. Тогда все будет в порядке. Произойдет фазовое превращение и свойства стали будут послушны воле человека.

Существуют, конечно, и другие хитрости термической обработки. Почему мечи прошлого и, например, инструменты настоящего после закалки нагревают и охлаждают? Почему перед механической обработкой стали иногда нагревают и медленно охлаждают? Таких «почему» очень много. И ответы на них знают инструментальщики. Они знают, что от скорости охлаждения стали зависит ее структура и свойства, поэтому охлаждение производят с применением различных закалочных сред: воды, масла, растворов солей, кислот, щелочей, воздуха. Если принять охлаждающую способность воды за единицу, то для масла она составит 0,20, а для спокойного воздуха — 0,03. Значит, и структуры получатся разные. Изменятся в связи с этим и результаты закалки.

Высокая твердость, но не хрупкость, является достоинством инструмента. Чтобы снизить хрупкость инструмента, улучшить механические свойства, его после закалки подвергают отпуску. Для этого сталь медленно нагревают до температуры ниже фазового превращения, ниже точки AC_1 (вспомните 727°C) с последующим медленным охлаждением на воздухе. Отпуск после закалки применяют для измерительного и режущего инструмента, штампов и пресс-форм, деталей приспособлений, пружин, рессор и прочее.

При изготовлении инструментов и многих других деталей с целью уменьшения твердости стали, облегчения обработки применяют ее отжиг. Для отжига характерен медленный нагрев, выдержка при заданной температуре и медленное охлаждение. Отжиг бывает разным, различные назначают и температуры нагрева. Например, при отжиге знакомые нам стали 40 и У8 нагревают до таких же температур, как и при закалке. Но затем после длительной выдержки охлаждают изделие очень

медленно, а не быстро. В результате и получают такой контраст свойств, при котором закаленной сталью У8 можно обработать эту же сталь, но только в отожженном виде. Вот что значит термическая обработка!

Как Вы уже, очевидно, догадались, инструментальщики в своей деятельности не могут обойтись без термической обработки. Причем для каждого вида инструмента применяют свои тонкости. Посмотрите какие они, например, для сверл. Прежде всего, сверла в основном изготавливают составными: рабочую часть — из быстрорежущей стали, а хвостовую — из конструкционной. Непосредственно после сварки этих частей заготовку сверла подвергают отжигу, а после механической обработки — закалке и отпуску. Нагрев рабочей части сварных сверл из быстрорежущей стали производят в соляных ваннах. Сначала их нагревают до 600...650°C в первой соляной ванне. Затем их переносят во вторую ванну и нагревают до 800...850°C. Окончательный нагрев (до температуры 1230...1250°C для закалки, например, быстрорежущей стали Р9) осуществляют в третьей ванне. Похоже, как в русской сказке — купался Иванушка в трех котлах, прежде чем стать Царевичем. После выдержки сверла охлаждают в масле, прогретом до 90...140°C, пока температура не достигнет 250...200°C, и только после этого — на воздухе до комнатной температуры. Но это еще не все. Хвостовик сверла ведь сделан из другой стали, которая требует другого режима термообработки. Так и поступают в действительности. Хвостовик сверла погружают в соляную ванну, нагретую до 740...820°C, выдерживают в ней, после чего охлаждают в слабом соляном растворе до температуры 200...150°C, а затем на воздухе. После закалки хвостовика производят его отпуск опять в соляной ванне при 450...500°C. При этом не забывают, что хвостовик не существует сам по себе, а крепко приварен к рабочей части сверла. Иначе получится как с той лисой, которая наказала собственный хвост и отдала собакам, выставив его из норы...

С помощью термообработки пытаются получить от сталей максимум требуемых свойств. Когда же резервы исчерпаны, то обращаются за помощью к другим методам упрочнения инструментальных материалов. Цементация, азотирование, цианирование, сульфидирование, фосфатирование, хромирование, никелирование,

электроискровая, лазерная и плазменная обработка — вот далеко не полный перечень того арсенала, который используют инструментальщики, чтобы их изделия были долговечнее, прочнее и дешевле.

Наше краткое знакомство с материалами подошло к концу. Многие мы не рассказали, многое, может быть, еще предстоит рассказать. Наука и техника не стоят на месте, а постоянно развиваются. Появляются и новые материалы, самые твердые, стойкие и лучшие из которых становятся достоянием инструментальщиков.

КАК ДЕЛАЮТ ИНСТРУМЕНТЫ

Каких только сочетаний форм и линий не увидишь в конструкциях инструментов! Сложнейшие параболы, гиперболы, конвалюты, эвольвенты, эллипсы... Простейшие окружности, прямоугольники, треугольники, квадраты, ромбы... Различные цилиндры, конусы, призмы, пирамиды... Разве найдешь в дебрях геометрии, стереометрии и тригонометрии такие законы и фигуры, которые не использовались бы инструментальщиками? Это не случайно. Создатели инструментов, определяя их форму, исходят не только из необходимости обработки поверхности по конкретным очертаниям и размерам. Учитываются условия отвода стружки и тепла, удобства пользования, возможность надежного закрепления, безопасность труда, точность и надежность, стойкость между отдельными переточками и общий ресурс работы до полного изнашивания. И, конечно, затраты. Затраты на изготовление инструментов, на их эксплуатацию, на изготовление деталей при работе этими инструментами. Причем, не только затраты времени или средств. Учитывается расход металла, энергии, топлива, сжатого воздуха, воды, то есть всех видов ресурсов. Сравнивают варианты. Избирают тот единственный, что стоит ближе к самому оптимальному, т. е. обеспечивающему совмещение несовместимого — минимум затрат при максимуме полезности.

В этих сложных условиях процесс создания инструментов не ограничивается только расчетами их конструктивных параметров. Особое место во всей сложной цепочке инструментального производства занимает поиск рациональных способов изготовления инструментов или, иначе, выбор технологического процесса, по опера-

циям которого должен пройти кусок металла, чтобы стать точным, стойким, надежным и недорогим инструментом.

Выбор варианта технологического процесса — дело не простое и во многом субъективное, зависящее от уровня квалификации и опыта специалиста. В искусстве составления технологии аккумулируется не только опыт данного человека, но и весь накопленный опыт предшествующих поколений мастеровых людей.

Слово «Технология» заимствовано из греческого языка. В буквальном переводе оно означает учение о ремесленном искусстве. Составитель «Толкового словаря живого великорусского языка» Владимир Даль так раскрывает смысл слова «Технология»: «Технология — наука техники, заводский, ремесленный, промысловый обиход». И, далее: «Технолог — сведущий в науке этой». Конечно, нельзя согласиться с тем, что современная технология осталась на уровне «ремесленного обихода», особенно технология инструментального производства. Нынешняя технологическая наука не только опирается на серьезную математическую основу, но и широко использует новейшие средства вычислительной техники для расчетов наиболее выгодных вариантов технологического процесса, оптимизированных по конечному народнохозяйственному эффекту.

Существуют целые системы автоматизированного проектирования технологии машиностроительного производства. Используя возможности таких систем, технолог (вспомним: «сведущий в науке этой»!) вводит в электронно-счетную машину описание обрабатываемых поверхностей — их геометрической формы, взаимного положения, требований по точности, шероховатости, а часто и данные о допускаемой себестоимости обработки. И происходит почти чудо. Машина, мгновенно перебирая множество различных вариантов, в конечном итоге выдает документ в виде напечатанной карты технологического процесса. В ней со всеми подробностями описан именно тот вариант технологии, который для данной формы детали, при данном комплексе требований к ее конечному качеству будет наиболее выгоден для изготовления заданного количества деталей.

Конечно, без предварительной подготовки машина ничего не сделает. Как бы она не была совершенна, сколько бы в ней не было хитроумной электроники и

сложных сплетений нервоподобных проводничков, она требует обучения. Ей нужно развить память, вложив в нее множество сведений о возможных сочетаниях базовых поверхностей деталей, о конструктивных характеристиках инструментов и оборудования, допустимых режимах их эксплуатации, возникающих отклонениях от точности размеров при различных способах обработки и многое другое. Причем не просто «вложить» так, как вкладывают ключ в замок. Речь идет о математическом описании каждого отдельного «куска» информации, его кодировании. Сочетание действий, обеспечивающих ввод этой закодированной информации в машину, и «перекачивание» ее там из одного блока в другой до получения окончательного результата называют программным обеспечением машины, ее математической подготовкой.

Разработку программ выполняют инженеры-программисты и математики. Каждую программу составляют из множества команд, определяющих порядок действия машины, включения и выключения отдельных ее электронных узлов. Передачи положительных или отрицательных сигналов, обозначающих числа «1» (единица) и «0» (ноль), в логическом толковании этого двоичного кода, соответствующих понятиям «да» и «нет». В результате в электронной памяти машины накапливаются своеобразные кирпичи — модули программных математических действий. Из них в разных сочетаниях методом перебора, сравнения и, как говорят математики, оптимизации по заданному критерию, или, иначе, методом поиска наивыгоднейшего варианта создаются последовательно расположенные во времени описания технологических операций, в совокупности организованные в технологический производственный процесс.

Теперь вернемся к теме нашего рассказа. С «точки зрения» машины с учетом того, о чем шла речь выше, каждый инструмент или элемент штампа, приспособления, пресс-формы — это просто деталь. Сложная, точная, но все же только деталь. Поэтому технологию ее изготовления также можно создать, описать, оптимизировать с помощью электронно-вычислительной машины, предварительно вложив в ее память специфические сведения о специальных операциях технологии инструментального производства. Как же в этом случае на-

зывать программистов, математиков, операторов ЭВМ, других участников процесса разработки с помощью ЭВМ технологии изготовления инструментов? Конечно же, инструментальщики!

Кстати, таким же высокопроизводительным методом с использованием систем автоматизированного проектирования (САПР) ныне создают конструкции штампов, режущих инструментов, приспособлений, калибров, лекал. Эти системы так и называются: «САПР-штамп», «САПР-инструмент» и т. п. С помощью ЭВМ удастся в десятки раз сократить время проектирования, исключить практически все ошибки в расчетах, обеспечить максимальную степень унификации элементов, высокий уровень технических и технологических решений. Благодаря большому объему знаний, заложенных в машину, процесс проектирования, например, штампа сводится к набору на пульте управления машиной программных заданий, вводу в память машины исходных данных о форме, размерах и точности детали, типе необходимого штампа и характеристиках оборудования, где его будут эксплуатировать (усилие, закрытая высота, ход и др.). Еще нужно положить чистый лист бумаги или унифицированный чертеж — «слепыш» (то есть не содержащий размеры) на специальное устройство машины, так называемый графопостроитель, и совместить точку отсчета на листе с чертежной иглой графопостроителя. Пуск — и машина с неуловимым изяществом, быстро, точно вычерчивает, ставит размеры и... расписывается. Проверять не нужно. Всегда все правильно!

Здесь уместно вспомнить и о том, что на базе ЭВМ созданы и действуют не только системы автоматизированного проектирования инструментов. Уже разработаны и автоматизированные системы управления (АСУП) всем комплексом сложного инструментального производства на машиностроительном предприятии — АСУП «Инструмент». Такие системы активно эксплуатируют на многих крупных металлообрабатывающих заводах и объединениях страны. В комплексе с другими подобными функциональными системами они составляют стройную автоматизированную систему управления всем производственным циклом, позволяя экономить значительные ресурсы, сокращая путь к внедрению новой техники и передовой технологии.

Однако вернемся к существу вопроса — как делают инструменты. Прежде всего отметим тот факт, что **любой инструмент изготавливают из заготовки**. Следовательно, должно быть специальное оборудование и инструменты, позволяющие разделить большой прут или лист металла на небольшие части, приближающиеся по своим формам и размерам к виду готового инструмента. Естественно, чем больше степень этого приближения, чем больше заготовка напоминает форму готового инструмента и тем меньше усилий, средств, времени, энергии нужно будет затратить на доработку заготовки до нужного состояния. Поэтому заготовительное производство занимает важнейшее место в технологическом процессе изготовления любого изделия. В инструментальном деле этому виду производства, его технологии уделяют еще больше внимания. Причин тут несколько. Прежде всего ценность инструментальных материалов. Они благодаря содержанию большого количества различных весьма дорогостоящих и дефицитных примесей намного дороже обычных поделочных металлов — чугуна, углеродистых или даже низколегированных сталей. Другая причина — опасность испортить этот металл в процессе разделения его на заготовки. Нужна особая осторожность и высокая техническая культура при ковке, штамповке, сварке, пайке инструментальных металлов и сплавов, чтобы их не перегреть, не переохладить, не дать возникнуть сетке мельчайших трещин, не изменить химический состав уже твердого куска стали диффузионным насыщением углеродом, азотом, водородом и другими элементами, находящимися в окружающем воздухе или в той среде, где проводится нагрев заготовки. Поэтому для создания заготовки инструментов и деталей различной технологической оснастки в инструментальных цехах наряду с простейшими традиционными методами разделения металла (порезкой на пилах, рубкой, ковкой и пр.) применяют прогрессивные технологические процессы, основанные на использовании современных достижений. Назовем лишь некоторые из них, наиболее перспективные и эффективные.

Методы разделения заготовок резанием: абразивная отрезка с осциллирующим движением абразива и использованием высокоскоростных армированных кругов прерывистой формы; электроискровое разделение с использованием высокоскоростных дисков; разделение

заготовок на пилах трения с использованием алмазо-насыщенных дисков трения.

Термические методы разделения заготовок: разделение с использованием автоматов и полуавтоматов для термической резки металлов ацетилено-кислородной, водородно-кислородной и плазменной струей.

Методы пластического деформирования заготовок: разделение заготовок рубкой, методом сдвига; методом скручивания; разделение коротких заготовок с одновременным редуцированием,ковка заготовок в закрытых штампах.

Методы создания сварных заготовок: сварка осевых заготовок встык трением; сварка осевых заготовок встык электроконтактным методом; наплавка бинарных прямоугольных заготовок штамповых бойков высоколегированными композитами; напыление и наплавка рабочих слоев осевых заготовок высоколегированными композитами; сварка корпусов и режущих элементов лезвийных инструментов диффузионными методами в вакууме.

Методы создания литых заготовок: литье корпусов режущих и измерительных инструментов по выплавляемым моделям; литье элементов технологической оснастки в корковые формы и в формы, создаваемые на основе газифицируемых моделей; литье формообразующих тяжело нагруженных элементов технологической оснастки методом жидкой штамповки; литье биметаллических заготовок режущих инструментов из отходов быстрорежущих сталей.

Методы создания заготовок из неметаллических порошков: спекание сложнопрофильных объемных элементов режущих и измерительных инструментов из твердосплавных композитов; спекание заготовок корпусов режущих, измерительных и вспомогательных инструментов, а также элементов технологической оснастки, спрессованных из гранулированных металлических порошков; спекание бинарных заготовок из низкоуглеродистой или малолегированной стали с рабочими элементами, полученными методами опрессовки из металлических порошков.

Создать заготовку, приближающуюся по своим характеристикам к свойствам, форме и размерам окончательно готового инструмента,— это только пол-дела. Не хитро и последующей механической обработкой на

станках довести качество заготовки почти до состояния полной готовности инструмента. Снять, сточить, срубить наибольшую часть лишнего металла, называемую припуском на обработку. Оставить только то немного, что нужно для окончательной финишной обработки инструмента до нужных размеров и профиля.

На этом этапе технологического процесса выполняют операции точения, фрезерования, строгания, долбления, растачивания, сверления. Целый список слесарных операций — разметка, опиловка, резбонарезание, клеймение и другие — дополняет перечень работ, входящих в состав этапа предварительной обработки. Краткость перечисления не следует принимать за признак малой значимости, такой легкости, примитивности, простоты. Напротив, каждая из операций предварительной обработки — это целая глава толстой книги о мастерстве, золотых руках, светлых умах, о многих человеческих талантах, создавших сложнейшие станки, стойкие и острые инструменты, хитроумные приспособления, точные методы обработки и контроля ее качества. Это отдельные, самостоятельные профессии токаря, фрезеровщика, расточника, строгальщика, слесаря. Каждая из этих профессий имеет ряд степеней совершенства, ряд уровней квалификации — разрядов.

Можно напомнить о том, что для исполнения операций предварительной механической обработки широко используют станки с числовым программным управлением, станки-автоматы и автоматические линии, станки с оперативной памятью и станки-роботы, совмещающие в одном рабочем месте станок-автомат, работающий по программе или управляемый непосредственно ЭВМ, и обслуживающий его робот, тоже работающий по программе, заданной электронными устройствами памяти. Все это очень интересно. Но, как правило, содержание и методы выполнения таких операций, характеристики станков и инструментов, используемых при предварительной обработке, аналогичны тем, которые широко применяют при изготовлении обычных деталей машин. Это обстоятельство позволяет опустить подробное описание тонкостей перечисленных специальностей. О них можно прочесть в многочисленных изданиях, широко распространенных в сети профтехобразования. Здесь же ограничимся лишь тем, что вспомним о них, укажем их место в цепи технологических операций, составляю-

щих в совокупности технологию производства инструментов.

Итак, будем считать, что предварительная обработка заготовки уже выполнена. Далее мы еще раз рассмотрим этот процесс на примере технологии изготовления обычного сверла. Пока же заглянем в святая святых инструментального производства — в процессы, которые стоят на перепутье между концом предварительной обработки заготовки и началом цикла финишных операций технологического процесса изготовления инструментов.

Речь идет о термической, химико-термической и вообще **об упрочняющей обработке**. (Здесь следует оговориться. Многие операции упрочняющей обработки выполняют уже на окончательной стадии, когда инструмент полностью прошел все операции механической обработки. Однако и в этом случае основу прочности и стойкости инструментов, их «душу», создают те операции термической и химико-термической обработки, которые выполнены именно на «перепутье», то есть до выполнения операций шлифования, доводки, заточки и др.).

Вначале — небольшая экскурсия в прошлое. Экскурсия под девизом «великое соревнование». Со времен кварцевых скребков, каменных молотов и топоров инструменты непрерывно совершенствовались. Нужно ли доказывать нам, сегодняшним, что переходы от каменного века к бронзовому и далее, к веку железному, прежде всего сопровождались появлением все более совершенных материалов и, соответственно, все более прочных инструментов для их обработки. Камень долбил дерево и очищал шкуры животных. Но он был бессилен против металла бронзового века. Самые прочные бронзовые орудия труда оказались бесполезными и бесполезными в век железа. Великое соревнование материалов и инструментов! Оно бесконечно, как бесконечна природа, подчиняющаяся вечным законам развития, законам диалектического материализма.

Каждый этап соревнования характеризовался достигнутыми свойствами инструментов. Эволюция развития, начавшаяся одновременно с появлением первобытных орудий труда, очерчивается знаменательными вехами. Первые железные инструменты. По нынешней классификации — это инструменты, изготовленные из

углеродистой стали, то есть сплавов железа с углеродом. Мы не можем утверждать, что это была низкоуглеродистая (то есть, содержащая до 0,3 процента углерода), среднеуглеродистая (до 0,8 процента) или высокоуглеродистая (до 1,3 процента) сталь. Ее качество в те времена не регулировалось экспресс-анализами. Но это были инструменты из стали! Их твердость и прочность превышала твердость обрабатываемых сплавов меди! Позднее твердость инструментов увеличивали с помощью тех сил природы, которые были рядом, были доступны и воспроизводимы. Сталь и вода. Симбиоз огня — самого могучего явления природы, с наиболее близким нам и загадочным веществом — водой, превращал не очень твердое сырое железо в твердую сталь, хорошо поддающуюся шлифованию, полированию, отлично сохраняющую остроту лезвия.

До сих пор человечество активно использует этот вид инструментальных материалов. Лишь в какой-то степени усовершенствованы способы создания углеродистых инструментальных сталей и их термической обработки пламенем и водой. Достаточно напомнить, что самый острый закаленный скальпель хирурга и ныне изготавливают из инструментальной углеродистой стали, содержащей в себе до 1,3 процента углерода. Конечно, она очень тщательно очищена от всяких примесей, снижающих ее рабочие свойства. Да и современная термическая обработка углеродистых сталей — это сложный и многооперационный процесс.

Исходную структуру стали вначале готовят к упрочнению. Проводят отжиг, нормализацию, улучшение. Операцию, непосредственно обеспечивающую резкое изменение твердости стали, называют закалкой. Закалка — это высокотемпературный нагрев стали до состояния, при котором в ней начинаются фазовые превращения структуры. Затем состояние структуры фиксируют, «закрепляют» резким охлаждением. Конечно, при этом в стали возникают внутренние напряжения. Они настолько велики и так увеличивают хрупкость стали, что в большинстве случаев изделия к работе просто непригодны. Выход — уменьшить, снять напряжения. Для этого — снова в огонь. Снова нагрев. Но уже небольшой. До температуры ниже той, критической, закалочной. Однако достаточной, чтобы успокоить «разбушевавшиеся» кристаллы, перераспределить и тем самым

снизить внутренние напряжения, возникшие в структуре стали при ее переходе из одного фазового состояния в другое. «Боль», поразившая закаленную сталь, под действием мягкого тепла постепенно затухает, уменьшается, отпускает.

Очевидно, по этой аналогии низкотемпературный нагрев стали после ее закалки ласково называют отпуском. В целом весь комплекс всевозможных нагревов и охлаждений или, иначе, вся термическая обработка углеродистых сталей направлена на достижение одной цели — увеличить прочность стали. Прочность и твердость. Это те киты, на которых стоит работоспособность режущих инструментов. И не только режущих. Твердость и прочность должны обладать штампы и пресс-формы, молотки и отвертки, зажимные губки тисков и кулачки токарных патронов. А разве не должны быть прочными, твердыми и износостойкими рабочие поверхности многочисленных измерительных инструментов — различных калибров, штриховых и микрометрических инструментов (например, штангенциркулей и микрометров), различных мер длины, массы и других физических величин, измеряемых непосредственным «общением» с инструментами?

Мы говорим «режущие инструменты». Мы вкладываем в это понятие способность одного материала проникать в другой и, нарушая его сплошность, разделять, резать, придавать исходной форме заготовки новые очертания и размеры. Обработываемый материал сопротивляется прикладываемым силам резания. Разрыв кристаллических и молекулярных связей сопровождается выделением значительного количества теплоты. Большая часть теплоты уносится стружкой, остается в заготовке, меньшая излучается в окружающую среду. Но немалое количество теплоты переходит и в тело инструмента. Тепловому воздействию прежде всего подвергается режущая кромка. Сделанная из конкретной стали, она в состоянии сохранить свои свойства лишь до той температуры, при которой эта сталь еще способна сохранять исходную твердость и прочность. Это так называемый тепловой барьер инструментального материала.

История человечества в сфере развития производства может быть условно разделена на эпохи, связанные с преодолениями тепловых барьеров. Каменные

орудия едва ли выдерживали нагрев до 100°C. Незакаленные инструменты из углеродистой стали по своим качествам ушли не далеко вперед. И лишь закаленная сталь оказалась способной сохранять режущую кромку при температуре до 200°C. Разница всего в 100°C. А ведь между этими градусами многовековая история развития человечества.

Сравнительно недавно, в начале XIX века, возникла наука о внутреннем строении металлов — металлословение. Она позволила заглянуть внутрь металла, познать его строение, его «душу», выявить влияние различных примесей на свойства стали. Как впрочем и свойства других сплавов, в том числе созданных на основе меди, казалось бы, изученных еще в бронзовом веке. На базе обоснованных научных представлений оказалось возможным создавать стали с заранее заданными свойствами. Для этого в исходный расплав железа и углерода вносят небольшое количество различных цветных металлов. Такой способ называют легированием углеродистой стали. Добавляемые в расплав металлы называют легирующими присадками. Сваренные с их участием стали — легированными сталями.

Конечно, и до появления науки о металлах человечество знало о способности других металлов изменять свойства стали. Достаточно вспомнить о знаменитых булатных клинках, блестящих и прочных рыцарских доспехах, нержавеющей кольчугах. Однако это были случайные находки, составляющие секрет их изобретателей, ушедшие в небытие вместе со своими создателями. Основная сложность состояла в том, чтобы воспроизвести случайно полученные свойства стали в каждой новой ее плавке. Вспомним, что в тех условиях измерение температуры и возможности ее регулирования при плавке были достаточно примитивны, а возможности определения качества стали весьма несовершенными. Вспомните о способе оценки качества булатных клинков по тому, как они могут рассечь пуховый платок! К сожалению, в памяти истории есть методы упрочнения стали, связанные с ненавистью к человеку, звериной жестокостью, садизмом.

Современные методы термической и химико-термической упрочняющей обработки инструментальных сталей основаны на глубоком знании свойств сплавов железа с углеродом и различными примесями. Они

опираются на фундаментальные исследования физики твердого тела, термодинамики, физической химии, металлографии, неорганической и органической химии и еще многих, многих отраслей знаний.

Заглянуть внутрь металла, определить, из каких составляющих состоит его структура, установить свойства этих мельчайших «кирпичиков» и даже сфотографировать их позволяют мощные металлографические и электронные микроскопы, микротвердомеры, магнитострикционные, рентгеновские и изотопные дефектоскопы и другое оборудование. Механические свойства упрочненных (и не упрочненных) инструментальных материалов — их прочность, вязкость, способность сопротивляться разрыву, скручиванию, изгибу и еще многое можно проверить на специальных испытательных машинах — разрывной, ударной, крутящей, машине для испытания трением и т. п.

Нынешние процессы термической обработки выполняют при точном соблюдении интервалов температур фазовых превращений, происходящих в сталях, то есть тех температур, при которых из жидкой фазы выделяются твердые составляющие или происходят в дальнейшем изменения атомных решеток, их строения и свойств. Нагрев сталей для термической обработки выполняют в камерных или шахтных печах, соляных, масляных или селитровых ваннах, на установках, использующих токи промышленной, повышенной или высокой частоты. Для того чтобы создать определенные, заранее заданные свойства термически обработанной стали, ее нагрев осуществляют в среде инертных или защитных газов, в твердых смесях или расплавах, при нормальном или повышенном давлении либо вообще в вакууме. Для получения особо твердых и прочных структурных составляющих рабочее пространство нагревательных печей наполняют свободным азотом, атомарным углеродом, бором, кремнием и многими другими химическими элементами — газами, парами металла, металлоидами. Нагретые до высоких температур инструментальные стали охлаждают в воде, масле, селитре, поташе, углекислоте, жидком азоте, жидком гелии и даже в... жидком металле, температура плавления которого меньше температуры фазовых превращений стали. Тонкая и важная эта штука, термообработка! Ведь прочность инструментов, их работоспособность — это прежде всего фактор,

непосредственно влияющий на экономическую эффективность всего производственного процесса в металлообработывающих отраслях народного хозяйства.

Если проследить, как эта экономическая связь переходит в другие сферы жизни государства, то можно убедиться, что от стойкости инструментов во многом зависит экономика страны. В самом деле: плохой инструмент — больше сил уходит на работу с ним — дороже изготовление детали — растет стоимость всей машины — уменьшается рентабельность того предприятия, где эту машину будут эксплуатировать, так как повышенная стоимость машины увеличивает долю капитальных затрат и амортизационных отчислений в общей смете производства продукции, выпускаемой с помощью этой машины. В результате увеличивается цена продукции, уменьшается покупательная способность потребителей и т. д. Вот почему инструментальщики уделяют столько внимания процессам упрочнения инструментов, стремятся найти и использовать наиболее современные, точные, эффективные, надежные методы проведения такой обработки.

Но вот термическая обработка будущих инструментов завершена. Наступает этап **финишных операций**. Теперь самое главное — обеспечить точность размеров, правильность элементов формы и их взаимного расположения, установленные параметры шероховатости поверхности, остроту режущих кромок инструментов. Здесь еще речь не идет о методах слесарной сборки различных сложных видов технологической оснастки: штампов, приспособлений, пресс-форм, зажимных устройств (патронов, тисков и пр.). Попробуем разобраться только в технологии финишных операций, исполняемых с помощью механизмов.

Содержание обычных финишных операций с традиционными, устоявшимися названиями известно многим. Прежде всего, это шлифование абразивными инструментами, в том числе заточка. Это доводка и притирка, когда одну поверхность трут, притирая к другой. И, пожалуй, все. На этом общие представления о методах финишной обработки инструментов у большинства читателей могут исчерпаться. Попробуем их дополнить лишь кратким перечнем наименований финишных операций, широко используемых инструментальщиками. Некоторые методы финишной обработки плоскостей:

электрохимическое шлифование; алмазное шлифование в среде электролита; алмазное шлифование в ультразвуковом поле; тонкое фрезерование; шлифование гибкими лентами; шлифование прерывистыми кругами; хонингование и доводочно-притирочные операции, выполняемые с использованием наружных притиров и хонов; электрохимическое безабразивное шлифование методом растворения; размерное травление в химических растворах; шлифование плоскостей и контуров по заданной программе на шлифовальных станках с ЧПУ; координатное растачивание и фрезерование отверстий и полостей, расположенных на плоскости в двух-, трех- и многокоординатной поверхности; координатное шлифование аналогичных поверхностей в труднообрабатываемых, в том числе термообработанных и упрочненных материалах и композитах; электроимпульсная и световымпульсная (лазерная) размерная обработка сложных полостей и сложнопрофильных проемов (пазов), расположенных на плоскости деталей из труднообрабатываемых материалов и сплавов; шлифование и доводка на профилешлифовальных станках профилей, расположенных на поверхности, пересекающейся с базовой плоскостью; формообразование методом холодного пластического деформирования и редуцирования сложных объемных форм, расположенных на плоскости; холодная размерная чеканка поверхностей и объемных фигур, расположенных на плоскости.

Операции финишной обработки тел вращения, в том числе отверстий: шлифование и доводка базовых наружных и внутренних конусов сверхтвердыми синтетическими шлифующими инструментами; чеканка базовых центровых гнезд твердосплавными калибрующими центровочными инструментами; наружное и комбинированное врезное шлифование (шлифование, выполняемое в ультразвуковом, электромагнитном поле, а также на станках, совмещающих методы силового и электрохимического шлифования); шлифование на станках с ЧПУ; бесцентровое размерное обкатывание тел вращения роликами на накатных станках; накатывание и раскатывание размерное и упрочняющее шариками, роликами, алмазными давяльниками с помощью специальных инструментов на универсальном оборудовании.

Перечень операций можно продолжить, рискуя утомить читателя сложными и не очень понятными терми-

нами и названиями. Ограничимся указанным. Думается, что и этого вполне достаточно, чтобы убедиться в сложности технологии инструментального производства, высокой технической культуре инструментальщиков при постоянной необходимости в профессиональном совершенствовании, их передовой роли в развитии научно-технического прогресса. Однако для наглядности и в подтверждение сказанного рассмотрим, в качестве примера технологический процесс изготовления такого на вид примитивного, всем хорошо известного инструмента, как сверло.

Рассмотрим редко применяемый в инструментальных цехах технологический процесс изготовления спирального сверла с коническим хвостовиком. Он состоит из следующих технологических операций: отрезка из прутков заготовок из быстрорежущей стали — для режущей части, из углеродистой стали — для хвостовой части; зачистка концов или подрезка торцов у каждой из заготовок: обтачивание заготовок рабочей и хвостовой части под сварку; сварка; отжиг, обдирка наплыва металла у сварочного шва; правка заготовки после сварки; подрезка торца со стороны хвостовика; сверление и зенкование центрального отверстия на торце со стороны хвостовика; обтачивание со стороны рабочей части наружного центра в виде конуса, с углом 60°С при вершине; обтачивание рабочей части по диаметру, предварительное и окончательное; обтачивание хвостовика на конус, предварительное и окончательное; обтачивание шейки конического хвостовика под лапку и подрезание торца; фрезерование лапки; фрезерование спиральных канавок, фрезерование спинки зуба (каждую из этих операций выполняют дважды — по числу режущих зубьев сверла); термическая обработка; очистка после термической обработки; полирование спиральных канавок; шлифование наружного и внутреннего центров; шлифование хвостовика на конус; шлифование рабочей части по диаметру на обратный конус; заточка; контроль и клеймение.

Всего более 30 операций! Долго и сложно. Особенно если учесть, что после каждой операции нужен контроль, что заготовки нужно от операции к операции пересчитать, перенести, сложить, что на каждую операцию нужен инструмент, станок, приспособление, и что, нако-

нец, каждую операцию выполняет квалифицированный человек.

Скажем прямо. Это устаревший процесс. Процесс очень не эффективный. На современных инструментальных заводах по массовому выпуску сверл действуют так. Полный профиль рабочей части сверла создают методами продольно-винтового проката сразу по всей длине многометрового прута быстрорежущей стали. Прут может быть любой длины, даже свернутый в бухту, вроде проволоки. Это делают на горячо (а некоторые размеры и на холодно) на прокатных или волочильных станах. Для этого, конечно, нужно изготовить специальные прокатные валки или волочильные фильеры (волоки — очень твердые металлические пластины с отверстием нужного профиля, через которое протягивают прут). Получив такой прут, нарезают его на части по заданной длине заготовки рабочей части. Сваривают встык рабочую часть с прокатанной заготовкой хвостовика, свертывают рабочую часть на угол подъема спирали, термически обрабатывают, шлифуют по наружному диаметру на бесцентрово-шлифовальном станке, затачивают. Все. Сверло готово.

Можно сделать еще так. Круглую заготовку вставляют в приемное устройство специального прокатного стана для поперечно-клиновой или секторной прокатки так, чтобы хвостовая часть будущего сверла выступала наружу. Включают ток. Проходит несколько секунд и на рабочей части сверла отпечатываются профили формообразующих кулаков, секторов, сдвигающихся к центру и сжимающих заготовку поперек ее оси. Профили полностью соответствуют форме поперечного сечения канавки сверла и спинки его режущего зуба. Причем одновременно формируются обе канавки и оба режущих зуба. Куда же исчезает металл, выдавливаемый из канавок? Он течет вдоль оси сверла. Удлиняет его рабочую часть. Таким образом, теперь не нужно столько металла, сколько расходовалось при старой технологии. Часть длины сверла получается за счет использования металла, ранее превращавшегося в стружку. По существу, речь идет о малоотходной и, в перспективе — о безотходной технологии изготовления сверла.

Рабочую часть сверла можно создать не только продольным прокатыванием, волочением, поперечно-клиновой или продольно-винтовой прокаткой. Мелкие

сверла целиком спрессовывают из порошков твердых сплавов методами порошковой металлургии. Рабочие части крупных сверл целиком отливают в металлические формы или в формы, изготовленные из специальных мелкодисперсных огнеупорных порошков методом формования по выплавляемым моделям или прессуют из металлических порошков. В настоящее время широко распространен метод вышлифовки за один проход полного профиля канавки сверла и его спинки (то есть полной формы режущего зуба), так называемый метод шлифования «по целому». Преимущество этого технологического процесса в том, что цилиндрическая заготовка, предварительно закаленная, шлифованная в окончательный размер по диаметру, поступает на операцию вышлифовки канавок в состоянии уже полной готовности структуры ее металла.

Благодаря тому, что на термообработку поступает не ослабленный канавками стержень готового сверла, а жесткий сплошной цилиндрический прут, в значительной степени снижается его деформация. При термообработке уменьшается величина припуска, оставляемого на финишную обработку. Снижается общая трудоемкость изготовления сверла, уменьшается его стоимость, увеличивается эксплуатационная стойкость. Конечно, современная технология сверл не может быть осуществлена на универсальных станках. Она требует применения новых современных механизмов, автоматов и автоматических линий. Использование такого комплекса оборудования экономически эффективно только в условиях крупносерийного производства и развитой специализации производственных участков и цехов. Основой такой организации производства служит стандартизация всех элементов, геометрических форм и размеров сверла, в частности, и инструментов, вообще, поскольку рассмотренные примеры технологических вариантов процесса изготовления сверла можно считать типовыми для любых видов инструментов массового спроса.

Нынче повсеместно наблюдается увеличение удельного веса операций малоотходной и безотходной технологии получения заготовок в общем балансе трудоемкости продукции инструментального производства. Это позволяет уменьшить число станков, не автоматизированных, широкоуниверсальных, обслуживаемых рабочими-универсалами, использовать в инструментальном произ-

водстве преимущественно полуавтоматическое и автоматическое оборудование, в том числе станки с ЧПУ. В этой связи изменяется структура численности рабочих-инструментальщиков и их квалификационный уровень.

Уже в ближайшие годы наибольший удельный вес в общей численности рабочих-станочников по группе станков для предварительной механической обработки займут наладчики и операторы. Увеличится удельное число станков для финишной обработки. Возрастет доля финишных операций в общей трудоемкости производства инструментальной продукции. Во многих случаях традиционные технологические процессы инструментального производства будут сведены к финишной обработке заготовок, полученных методами малоотходной технологии. Можно ожидать значительного увеличения производительности технологического оборудования инструментального производства за счет достижений физики, химии, эргономики и т. п. В кинематике станков будут широко использованы мини-ЭВМ и адаптирующие системы, самообучающиеся роботы, различные манипуляторы, управляемые дистанционно от ЭВМ, и т. д.

В этой связи еще раз подчеркнем мысль о том, что совершенствование технологии инструментального производства связано, прежде всего, с ростом потребности народного хозяйства в надежном, эффективном инструменте, во всех видах технологической оснастки. Этот объективный процесс, в свою очередь, не может проходить без коренного совершенствования всей организации инструментального производства, всей системы инструментальной подготовки производства на металлообрабатывающих предприятиях. Научно-технический прогресс ставит перед всеми инструментальщиками страны принципиально важную задачу — обеспечить интенсификацию инструментального производства на качественно новой технической и экономической основе и тем самым создать необходимые условия для дальнейшего подъема всех металлообрабатывающих отраслей народного хозяйства.

Все детали разнообразных устройств, машин и механизмов обрабатывают с помощью инструментов. В свою очередь, инструменты не появляются откуда-то сами собой, их также изготавливают с применением инструментов. Если в первом случае инструменты являются орудием труда и их используют все машиностроители, то во втором случае они сами становятся предметом труда, что характерно только для деятельности инструментальщиков. Вот и получается, что у инструментальщиков орудием труда и предметом труда являются инструменты. С поправкой, конечно, на то, что одни можно назвать настоящими, а другие — будущими.

Без инструментов нельзя сделать инструменты. Но этого еще недостаточно. Ведь большинство инструментов, предназначенных для обработки, являются машинными. Их не держат в руках в процессе резания, а закрепляют на специальных станках. Несмотря на сложность и часто высокую стоимость станков, их рождение, специфика определяются инструментами, а самих инструментов — предметами труда, которые необходимо изготовить. Именно изделия, их заданные формы, размеры, точность, качество, количество и свойства диктуют выбор инструментов и, в конечном счете, станков. Получается, что в этой тесной взаимосвязи все подчиняется конструкторским решениям, по которым следует выполнить в материале отдельную деталь.

Замыслам конструкторов машин подчиняются и инженеры — конструкторы по инструментам, которые не вообще проектируют инструменты, а создают именно те, которые необходимы промышленности в данный период. При этом конструкторы машин обязательно согласовывают свои решения с конкретными возможностями заводов, цехов, наличием оборудования, инструментов, оснастки, материалов и квалифицированных исполнителей — рабочих.

Для изготовления инструментов и оснастки инструментальщикам необходимы станки. Причем самые разнообразные. От тех, которые применяют в общем машиностроении, до станков сугубо специфических, сделанных специально по заказам инструментальной промышленности. Заметим, что подробно рассказать о всех этих станках невозможно из-за большого числа их моделей

и ограниченности объема книги. Да это и не является нашей задачей. Мы выберем главное — кратко познакомим Вас с тем, какие характерные работы выполняют на станках, специально предназначенных для инструментального производства.

Многие инструменты, такие как сверла, метчики, развертки, делают из калиброванных холоднотянутых или горячекатанных стальных прутков. Прутки разрезают на заготовки требуемой длины на вертикально-отрезных автоматах высокой производительности. Но на них не только разрезают, а и формируют у каждой заготовки с одной стороны плоский торец, а с другой — конус, например, для сверла с углом при вершине 118° , 120° .

Подготовленные таким образом прутки затем обрабатывают на токарно-копировальных полуавтоматах. Они имеют специальные чувствительные к рассогласованию устройства, которые сравнивают движения резцов с заданной программой и автоматически устраняют возможные погрешности. В результате за один или несколько проходов получается заданный профиль инструментов. Вспомните, как выглядят сверла, метчики, концевые фрезы, развертки...

Но ведь эти инструменты имеют спиральные или прямые канавки. На каких станках их получают? На фрезерных. Эти станки, чаще всего специальные или специализированные автоматы и полуавтоматы, предназначены только для фрезерования профильных канавок и снятия затылков режущих зубьев сверл. Станки одновременно фрезеруют одну или несколько канавок и затылков сверла.

Для нарезания резьб у метчиков, калибров и микрометров применяют токарные резьбонарезные станки повышенной точности. Они имеют компенсацию накопленной ошибки шага резьбы, что особенно важно для длинных метчиков и винтов подач измерительных приборов. В процессе обработки корректируются в сторону уменьшения погрешности, вызванные деформациями от термической обработки, от различия коэффициентов линейного расширения материала заготовки и ходового винта станка, от влияния температуры помещения, в котором происходит нарезание резьбы, и прочее. В результате накопления погрешность шага резьбы не должна превышать нескольких микрометров на длине до

300 миллиметров. Отметим, что изготавливают резьбы наружные и внутренние, левые и правые, больших и малых диаметров. Представьте себе метчики с диаметром 0,3 миллиметра и шагом резьбы 0,075 миллиметра. А ведь их делают на полуавтоматах. Стремление повысить производительность процесса получения резьб привело к созданию резьбонакатных станков. Накатанные специальными плоскими плашками и резьбовыми роликами резьбы, в отличие от нарезанных, более уплотнены, прочнее, долговечнее и точнее.

В инструментальном производстве не обходятся и без резьбошлифовальных станков, которые позволяют получить качественные резьбы высоких классов точности. Таких резьб требуется много. Их шлифуют на метчиках, цилиндрических и конических резьбовых калибрах, накатных роликах и на плоских плашках, резьбовых фрезах и на круглых резцах-гребенках. Станки для шлифования резьб имеют одноконтурные или многоконтурные абразивные круги. Помимо резьб, шлифуют зубья долбяков, шеверов, эталонных зубчатых, прямозубых и косозубых колес, накатников, зуборезных реек и других инструментов со сложным рабочим профилем. Для этого существуют различные зубошлифовальные полуавтоматы, совершающие непрерывно процесс обработки методом обката.

Применяют инструментальщики и затыловочные станки. С их помощью обрабатывают точением или шлифованием задние поверхности зубьев, например у червячных фрез.

Режущие инструменты перед тем как их пустить в эксплуатацию, затачивают. Развертки, зенкеры, фрезы, долбяки, рейки, сверла, протяжки и прочие инструменты затачивают на универсально-заточных станках, полуавтоматах и автоматах. Большей частью на этих станках обрабатывают абразивными кругами. Но есть анодно-механические и электроискровые станки. На них также производят заточку, а если необходимо, то и доводку инструментов.

И, наконец, для обработки сложных и точных поверхностей штампов, пресс-форм, шаблонов, матриц, пуансонов, деталей, приспособлений, фасонных резцов инструментальщики применяют копировально-фрезерные, координатно-расточные, профильно-шлифовальные и электрокопировальные станки. В этих станках для

точного измерения координатных перемещений применяют механические, оптико-механические, оптические, электрические, оптико-электрические и гидравлические системы. Они имеют шаблоны, копиры, различные следящие системы, цифровой набор координат. Причем установка координат на некоторых из них может осуществляться с предварительным их набором, а также по заданной программе. Управлять такими сложными и дорогими станками, воплотившими в себя последние достижения различных областей науки и техники, не просто. Здесь нужны знания, большой производственный опыт и аккуратность.

Стремление повысить производительность, удешевить, интенсифицировать изготовление инструментов привело к созданию не только станков-автоматов, но и станочных автоматических линий. Их выгодно применять при серийном производстве инструментов, настраивая на определенную номенклатуру и типоразмеры.

Однако наряду со станками, сугубо характерными по своему назначению для инструментальной промышленности, используют и станки, так сказать, общего назначения (токарные, сверлильные, фрезерные и прочие). Как же ориентируются машиностроители, станкостроители и инструментальщики в такой большой массе самых разнообразных станков? Дело в том, что каждому станку присвоено свое имя. Вернее, не каждому в отдельности свое, а группе станков. Так, токарную группу обозначили цифрой 1; сверлильным и расточным присвоили 2, шлифовальным, доводочным и заточным — 3, комбинированным — 4, зубо- и резьбообрабатывающим — 5, фрезерным — 6, строгальным, долбежным и протяжным — 7, разрезным — 8, разным — 9. Кроме того, есть и резервная группа — нулевая, которая предназначена для заполнения по мере необходимости. Но в каждой группе могут быть разные станки. Например, шлифовальные: круглошлифовальные, внутришлифовальные, плоскошлифовальные и другие. Для большей конкретизации станки разделили на типы и их также обозначили цифрами от 0 до 9. Всего типов десять, как и групп. Теперь представьте себе таблицу, в которой группы расположены по вертикали, а типы станков по горизонтали. В образованных клетках таблицы помещены обобщенные названия станков: внутришлифовальные, зубофрезер-

ные, резьбофрезерные, алмазно-расточные и прочие. Это уже классификация станков. Она разработана и действует в нашей стране, являясь, образно говоря, ключом к расшифровке моделей станков.

Модели станков обозначают цифрами и буквами. Первая цифра обозначает номер группы, вторая тип. Вот для чего нужна классификация. Буква после первой или второй цифры указывает на модернизацию станка. Затем идут цифры, которые характеризуют один из важнейших технологических параметров станка. Например, максимальный диаметр сверления отверстий для сверлильных станков или высоту центров для токарно-винторезных. Если же станок модифицирован, то в конце дополнительно проставляют еще букву. В некоторых случаях обозначение станков начинают с одной или нескольких букв, которые присвоены заводам-изготовителям. Теперь мы можем определить по марке станок. Так, станок 16К20 является токарным (группа 1), относится к типу токарных и лобовых (тип 6) с высотой центров 200 миллиметров. Этот станок широко распространен в металлообрабатывающих цехах и хорошо знаком инструментальщикам.

Для изготовления инструментов используют не только металлорежущие станки и кузнечно-прессовое оборудование, но и различные печи, ванны, сварочные машины, наплавочные аппараты, электроискровые, плазменные и многие другие установки. С их помощью производят требуемые виды термической обработки инструментов и технологической оснастки, сварочно-наплавочные работы, а также упрочнение специальными покрытиями.

Все это оборудование необходимо для инструментального производства, так же как и специалисты, умеющие на нем работать. А ведь здесь своя специфика, свои тонкости. Это оборудование весьма разнообразно. Так, шахтные электропечи имеют размер рабочего пространства диаметром от 200 миллиметров до 2,5 метров при высоте от 400 миллиметров до 2,5 метров. Им подстать и камерные электропечи, у которых ширина, длина и высота рабочего пространства может быть выбрана от 200×400×140 до 1100×2200×700 миллиметров. Да и температуры они обеспечивают до 1250°C. Ванны также бывают различные по назначению, конструкции, размерам и характеристике. К примеру, у

электродных соляных ванн для нагрева инструментов из быстрорежущих сталей температурный интервал лежит в пределах от 160 до 650°C или от 550 до 850 и даже до 1300°C. И нагревающие электроды у них не маленькие — диаметром от 30 до 75 миллиметров.

Значительный объем работы при изготовлении и ремонте инструментов выполняют на сварочных машинах. Так, на стыковых электросварочных машинах номинальное сечение свариваемых заготовок колеблется от нескольких десятков вплоть до 8000 квадратных миллиметров. Большие сечения заготовок сваривают током около 30 000 ампер при потребляемой мощности 500 киловольт-ампер. Однако экономичнее сварка трением, особенно когда речь идет о соединении крупных заготовок. Машины для сварки трением развивают осевые силы до 40 килоньютонів при соединении заготовок диаметром 70 миллиметров. И все это при производительности до 70 соединений в час. Не обходятся, конечно, и без электросварочного и газосварочного оборудования. Притом не всегда сварку осуществляют вручную, а используют полуавтоматы и автоматы.

Еще многое можно рассказать о станках, установках, оборудовании, которое применяют при изготовлении инструментов и технологической оснастки. Но полагаем, что и этого будет вполне достаточно, чтобы понять, насколько оснащено инструментальное производство. Время идет. На заводах обновляется оборудование. Старое уходит в прошлое. С новейшим оборудованием Вы познакомитесь подробнее, если проявите интерес к профессиям инструментальщиков.

ВРАЧИ ИНСТРУМЕНТОВ

Рассказ мы начнем с весьма необычной работы. Для этого вооружимся справочниками и пособиями по инструментам, заглянем в инструментальные кладовые заводов и отдельных цехов, познакомимся с учетными ведомостями и журналами. И в результате попытаемся определить, насколько разнообразны режущие и измерительные инструменты, а для некоторых, наиболее характерных, и их стоимость. Данные сведем в таблицы и проанализируем их содержание.

Прежде всего, сверла. Для них получилось 68 таблиц. В каждой таблице своя разновидность со своим

упрощенным чертежом и описанием. Таблицам дадим номера позиций, располагая их сверху вниз по вертикали, где каждой позиции будет соответствовать не одно сверло, а несколько, с различными, не намного отличающимися размерами по диаметру и длине. Кроме того, укажем и материал (и даже несколько), из которого изготовлены сверла. В конце строки — стоимость инструмента. Таких строк для сверл получилось 852.

Выше мы вели речь о разнообразии режущих инструментов, о таблицах, номерах позиций. Можно ли хотя бы приблизительно оценить это разнообразие? Попробуем полученные данные свести к следующему виду:

Получаются числа небольшие. Однако они не являются, так сказать, конечным показателем. Для цены — да, для оценки разнообразия — лишь условно. Вспомните, что в каждой позиции «таятся» разные диаметры, длины, материалы. Мало того, есть еще и другие отличительные признаки одного и того же изделия, такие как геометрия, наличие специ-

Инструмент	Число	
	таблиц	позиций
Сверла	68	852
Метчики	34	528
Плашки	10	199
Развертки	34	329
Резцы	72	369
Фрезы	157	2345
Пилы	9	61
Протяжки	11	516
Долбяки	10	55
Всего	405	5254

альных покрытий и прочие, которые нами не были учтены. Одним из авторов настоящей книги все было детально просчитано только для сверл диаметром до 10 миллиметров. И оказалось, что их разнообразие в результате деятельности заводов, улучшающих и изменяющих свою продукцию, доведено до 10 000 видов. И это только для одних сверл диаметром до 10 миллиметров! Хорошо это или плохо? Для тех, кто изменяет, улучшает, совершенствует и применяет в своих условиях, вроде бы хорошо. А для всесоюзного масштаба плохо, так как в таком обширном разнообразии теряется стандартизация, что в конечном результате сказывается на себестоимости инструментов.

Здесь впервые мы применили понятие себестоимость инструментов. Что же это такое, из каких слагаемых состоит себестоимость? Она включает стоимость труда, затраченного на производство инструментов; основных

и вспомогательных материалов, электрической и тепловой энергии; стоимость амортизации оборудования, зданий, сооружений, водоснабжения и другое. Наконец, она включает стоимость инструментов и технологической оснастки, используемых при изготовлении инструментов. Однако установленная цена выше себестоимости. Так должно быть. Ведь себестоимость в конечном итоге — это стоимость производства инструмента на заводе. Но его еще нужно продать, покрыть издержки и получить в результате прибыль. Получается, что в цену инструмента входит себестоимость, издержки и прибыль. Цены на инструменты, о которых мы ведем разговор, предназначены для предприятий. Они покупают оптом, хотя считают поштучно. В магазинах же розничной торговли, в которых мы покупаем некоторые инструменты для себя за наличный расчет, цены выше. Здесь опять запланирована прибыль и целый ряд других статей расходов, связанных с организацией торговли. Все правильно, так как инструмент является не только орудием труда, но и предметом торговли.

Но для чего мы начали этот рассказ с цен на инструменты? Вопрос не праздный. Сделано это для того, чтобы на конкретных примерах показать, что инструменты самим инструментальщикам обходятся недешево, а тем, кто их покупает, еще дороже. Даже те инструменты, которые стоят копейки, например, сверла маленького диаметра, требуют значительных денежных сумм на их приобретение, так как часто ломаются или быстро изнашиваются. Следует отметить, что удельный вес затрат на инструменты и оснастку в себестоимости продукции металлообрабатывающих заводов достигает 15 процентов. Большие затраты! Как же их уменьшить? Есть много путей. Прежде всего инструменты требуют бережного и умелого обращения. Предназначенные для работы, они должны не залеживаться на складах, а их надо максимально использовать при рациональных режимах. Во-вторых, если инструменты, оснастка и выходят из строя, то их нельзя выбрасывать, а следует подвергать восстановлению, ремонту. При этом экономятся дефицитные и дорогие материалы, освобождаются мощности инструментального производства.

Таким образом, инструменты для обработки резанием, штампы, пресс-формы, приспособления, измерительные инструменты и прочее необходимо восстанавливать

и ремонтировать. Кто же это может сделать? Конечно инструментальщики, которые имеют соответствующую квалификацию, навыки в работе, оборудование и материалы. Познакомимся кратко с этим видом деятельности инструментальщиков.

Многим из Вас, любителям техники, приходилось осуществлять простейшие работы, связанные со сверлением и нарезанием резьбы. И как при этом бывает досадно, если вдруг в почти готовой детали или в модели ломается метчик. Чаше всего подобное случается с малыми по диаметру метчиками. В руках остается поломанный инструмент. Что с ним делать? Для нарезания резьбы он уже в таком виде не годится. Выбросить? К сожалению, так иногда и поступают. Вроде бы не велика потеря. Но не спешите его выбрасывать. Присмотритесь внимательно, подумайте. Может быть следует подправить на наждачном круге оставшуюся часть метчика и снова пустить в работу? Или сделать из него кернер? Ведь метчик изготовлен из дорогой инструментальной стали, которую необходимо использовать.

Особенно остро стоит этот вопрос на заводах, где ежедневно накапливаются вышедшие из строя не только метчики, но и самые разнообразные инструменты, причем в большом количестве и с различными дефектами. Вот сверла, у которых отломались хвостовики, а у этих изношена рабочая часть. Рядом лежат фрезы с поломанными зубьями и сегментными вставками, среди них находятся и дисковые пилы с трещинами в корпусе. Здесь мы видим и резцы с остатками пластинок из твердого сплава, а некоторые и без них. Не так уж грациозно выглядят длинные протяжки с оторванными хвостовиками и с выкрошившимися зубьями на режущей калибрующей части. Да и напильники с засоренными, засаленными стружечными канавками, изношенными зубьями вместе с остатками когда-то целых ножовочных полотен не радуют глаз. Печальную картину, так сказать, производственного «побоища» дополняют калибры, мерные плитки, штангенинструменты с забоинами, коррозией измерительных поверхностей и шкал, отдельные куски абразивных брусков и кругов и, наконец, вышедшие из строя детали штампов и пресс-форм.

Все это в прошлом работоспособные инструменты, технологическая оснастка, которые совсем недавно так дорого стоили. Вспомните их цены. Даже в непригод-

ном для работы состоянии они продолжают сохранять высокую стоимость. Например, цена металла в протяжке диаметром 210—220 при длине 1001—1100 миллиметров составляет 112,9 рублей, а при длине 1901—2000 миллиметров уже 205,7 рублей! Ни один рачительный хозяин не позволит себе бросать деньги на ветер. Не делают это и в нашей стране, где проводят планомерную борьбу за экономию металлов и материальных ресурсов. И это не прихоть, а требование жизни, веление времени. Инструментальщикам здесь отведена большая роль.

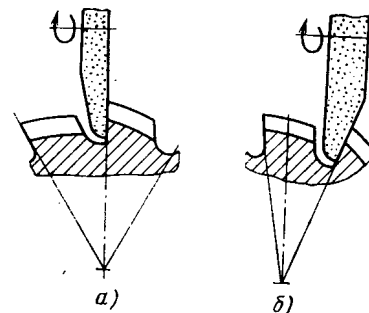
Но вернемся снова к инструментам, которые лежат, как рать побитая в поле. Только не на поле они лежат, даже не на заводском дворе, а в специально отведенных помещениях. С чего начинают инструментальщики? Они внимательно осматривают инструменты, определяют дефекты, сортируют и для каждого вида составляют дефектно-сортировочную ведомость. Кроме того, производят и первичную переработку — отделение пластин твердого сплава от корпусов инструментов, разделение и хранение лома по маркам сталей, разборку технологической оснастки на элементарные детали, узлы и т. п.

Вся эта подготовка просто необходима, так как процессы восстановления и ремонта по своей структуре многовариантны из-за существующего многообразия видов накопленных дефектов. Поэтому для выбора метода восстановления и способа выполнения специфических операций при проработке технологического процесса восстановления и ремонта инструментов и оснастки целесообразно использовать типовые решения. Это весьма сложный вопрос и требует квалифицированного подхода уже не рабочих-инструментальщиков, а технолог-инструментальщиков. Ибо им хорошо знакомы не только единичные операции, как, например, сверление, сварка, химико-термическая обработка, но и возможности предприятия в целом. Решение они принимают с учетом различных вариантов и обязательным критерием достигаемой технической и экономической эффективности. В результате разрабатывают схемы типовых технологических методов и процессов восстановления и ремонта. Для удобства и быстроты их нахождения и применения в производственных условиях составляют специальные коды и делают перфокарты. А раз есть перфокарты, значит должна быть и электронная вычис-

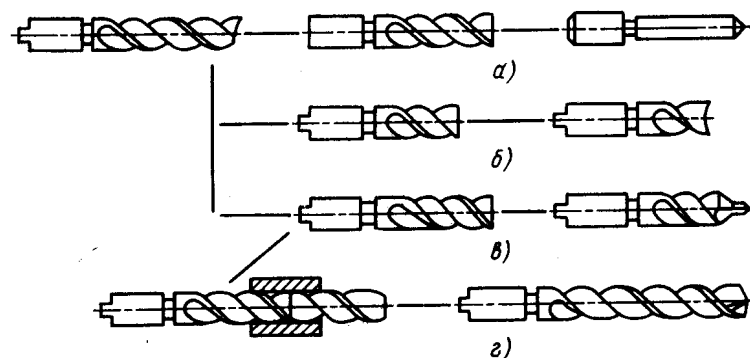
лительная машина. И, конечно, обслуживающий ее персонал. Вот и получается, что в работах по восстановлению и ремонту инструментов и технологической оснастки принимают участие специалисты самых разнообразных профессий.

Но это все, так сказать, предварительная работа, подготовка. Однако только после нее возможно движение поломанных инструментов в заводские цеха. Причем каждому — своя дорога, свой рациональный технологический маршрут «лечения». Понятно, что в каждой схеме много технологических операций, которые выполняют на конкретных рабочих местах и оборудовании с применением характерных инструментов и оснастки. И делают это рабочие разной квалификации и специализации. Здесь фрезеровщики, шлифовальщики, заточники, термисты и другие. Приведем для примера схему выполнения типовых технологических операций восстановления метчиков. Не всю, а только ее часть.

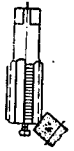
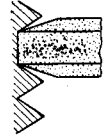
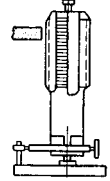
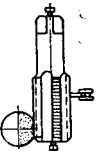
Как инструментальщики пользуются этой схемой?



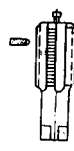
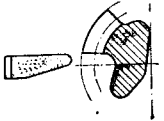
Заточка фрез — дело непростое. Если фреза с прямыми зубьями, то переднюю поверхность зубьев обрабатывают торцевой частью шлифовального круга (а), а если винтовые — то конической (б)



Из поломанного сверла можно сделать кернер (а), фрезу (б), центровое сверло (в) или просто его восстановить, сварив обе части (г)

Код технологической операции	Содержание операции	Способ выполнения операции или его схема	Оборудование	Технологическая оснастка
01	Шлифовать заборную часть до полного удаления выкрошенных зубьев, изготовить новую заборную часть		Универсальный круглошлифовальный станок	Упорные центры, поводковый хомут, шлифовальный круг формы ПП, угломер, ключи
02	Срезать выкрошенные зубья до их основания		Круглошлифовальный или горизонтально-фрезерный станок	Упорные центры или тиски, шлифовальный круг формы ПП или торцовая фреза, ключи
03	Шлифовать наружный диаметр до ближайшего меньшего наружного диаметра резцы		Круглошлифовальный станок	Упорные центры, хомут, шлифовальный круг формы ПП, микрометр, ключи
04	Шлифовать (углубить) стружечные канавки		Универсально-заточный станок	Упорные центры, хомут, упорка, шлифовальный круг формы ПП, IT, шаблон, ключи, 1 профильная шарошка (ролик)

Продолжение таблицы

Код технологической операции	Содержание операции	Способ выполнения операции или его схема	Оборудование	Технологическая оснастка
05	Шлифовать профиль резцы с затыванием		Резьбошлифовальный станок	Упорные центры, хомут, шлифовальный круг формы ПП, микрометр резбовой, приспособление с алмазным карандашом для профилирования круга или профильная шарошка, ключи
06	Заточить режущие зубья по передней поверхности		Универсально-заточный станок	Упорные центры, хомут, упорка, абразивный круг формы IT, шаблон, ключи

Для этого у них есть дефектно-сортировочная ведомость, в которой обозначена характеристика отказов инструмента и коды схемы типового метода восстановления. Читаем одну из характеристик отказов: «Выкрашивание зубьев на рабочей части метчика». Ей соответствует код 02.06. И далее против кодов 02 и 06 по схеме определяем содержание операций, способ ее выполнения, оборудование и технологическую оснастку. Если же в характеристике указан «износ или поломка зубьев метчиков на заборной части», то и коды будут другие — 01.04.06. И снова обращаемся к схеме выполнения типовых технологических операций. Это нужно делать, чтобы понапрасну не терять драгоценное время. Так в основном и поступают на специализированных инструментальных заводах или в больших инструментальных цехах. Но, к сожалению, не везде. Иногда еще работают и по-старинке, без четкой дифференциации работ и их рациональной организации. Тогда и экономический эффект от восстановления и ремонта будет меньше или сведен к минимуму. А может быть и вообще все эти работы не будут оправданы и дешевле будет купить новые инструменты, сделанные на специализированных инструментальных заводах.

Теперь мы вплотную подошли к очень важному вопросу: выгодно ли восстанавливать инструменты и технологическую оснастку. До сих пор мы говорили о стоимости новых изделий, а не о восстановленных или отремонтированных. Мы также говорили о том, что этой весьма сложной работой восстановления занимаются только инструментальщики. Понятно, что вряд ли они станут, как и многие другие, с увлеченностью вкладывать свой труд в неэффективное дело. Для подтверждения приведем усредненные данные о затратах на восстановление различных инструментов, выраженных в процентах по отношению к стоимости изготовления аналогичных новых инструментов. Итак: твердосплавные резцы — 57,0, фрезы — 18, сверла — 47, развертки и зенкеры — 40, зубила — 80, метчики и плашки — 40, пуансоны — 30, матрицы — 40, калибры — 50 и шаблоны — 25 процентов. Получается, что несмотря на значительные затраты, восстанавливать инструменты все-таки выгодно. Причем, чем сложнее были ранее новые инструменты, тем экономически целесообразнее их восстанавливать или ремонтировать.

Вот почему инструментальщики и занимаются ремонтом, восстановлением инструментов и технологической оснастки.

КАК ОРГАНИЗОВАНО ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Мы уже знаем, что сложность форм, точность, прочность, особые свойства материалов превращают инструменты в весьма специфические изделия машиностроения. Именно поэтому изготовление инструментов выделено в особый вид производства. Во многом здесь используют такое же оборудование, как и на любом машиностроительном заводе — станки, прессы, молоты, печи и прочее. Кроме них в инструментальном производстве применяют специальные инструментальные станки, например, заточные, затыловочные, пилонасечные и другие. При серийном производстве инструментов, когда их выпуск измеряется сотнями тысяч штук, использование обычных широкоуниверсальных станков неэффективно и часто невозможно. Такие станки в этих условиях не обеспечивают нужную производительность. Необходимо не универсальное, а специальное оборудование. Однако есть множество ситуаций, когда требуется небольшое количество специальных инструментов, пригодных только для обработки конкретной машины, выпускаемой только одним заводом. Изготовить такие инструменты в условиях специализированного производства невозможно — там автоматические линии, специальные агрегаты, специфичная технология. Поэтому у нас в стране производство инструментов организовано таким образом: универсальные инструменты и принадлежности к станкам изготавливают на специализированных инструментальных заводах, а специальные их виды — на инструментальных заводах конкретной отрасли машиностроения, чаще — в инструментальных цехах предприятий.

Специализированные инструментальные заводы министерства станкостроительной и инструментальной промышленности объединены в самостоятельную подотрасль. В их числе предприятия по изготовлению напильников, режущих, измерительных, абразивных и алмазных инструментов и т. п. Мощные заводы заняты изготовлением ножовочных полотен, фрез, метчиков,

сверл, плашек, молотков, отверток, гаечных ключей, токарных и сверлильных патронов, тисков и многих других подобных инструментов. Это их основная товарная продукция.

Специализированные инструментальные заводы организованы в общих чертах так же, как и любой машиностроительный завод не инструментального профиля.

Все на заводе начинается с изготовления заготовок в специализированных заготовительных цехах — литейном, кузнечном, штамповочном. Есть специальные цехи, где сосредоточено обрабатывающее оборудование — металлорежущие станки, специальные линии, агрегаты. Но это еще не инструменты. Для того, чтобы превратить их в инструменты, способные резать или измерять, нужно их термически обработать, придать высокую твердость, прочность, износостойкость. Это делают в термических и гальванических цехах. Закаленные инструменты вновь шлифуют, доводят точные поверхности, затачивают режущие кромки. И проверяют.

Готовую продукцию отправляют потребителю. Этим занимается транспортно-складское хозяйство завода. Оно же обеспечивает доставку на завод всех нужных материалов, металла, проводит все операции по перевозке продукции внутри завода и в цехах. Большое число разнообразных заводских складов позволяет сохранить все, что нужно для производства и что производится. Здесь в необходимых количествах содержатся запасы сырья и покупных изделий, различных деталей и частей, получаемых от других заводов по кооперации.

Огромное хозяйство завода требует постоянного внимания, ухода, ремонта. Забота и работа немалая. Ее выполняют специальные ремонтные службы завода, подчиненные главному механику. Вопросами снабжения завода электричеством, водой, паром, сжатым воздухом, различными технологическими газами, телефонной и телетайпной связью заняты специалисты службы главного энергетика. Все службы отвечают за сохранность окружающей среды. Но особенно это волнует главного энергетика, поскольку именно его служба обеспечивает вентиляцию, дегазацию, очистку и канализацию всех многочисленных отходов и стоков производства.

Производство специальных инструментов для обработки инструментов, или, как их условно называют,

инструментов второго порядка, как и других специальных инструментов, сосредоточено в инструментальных цехах, входящих ныне в состав каждого машиностроительного завода. Здесь собраны наиболее точные станки, работают наиболее квалифицированные рабочие. И это понятно. Ведь от точности инструментов зависит точность обработанных ими поверхностей. Какова же должна быть точность инструмента, который используют при изготовлении инструмента? Обычно она в два, а часто и в три раза выше точности инструмента первого порядка. Специальные инструменты спроектированы применительно к технологическому процессу обработки конкретной поверхности конкретной детали, изготавливаемой только на данном предприятии. Это режущие инструменты со специальными формами и размерами режущих кромок, специальные штампы, приспособления, пресс-формы, различные установочные и контрольные оправки, шаблоны и калибры, металлические модели и многое, многое другое. Специальные инструменты и технологическую оснастку проектируют конструкторы-инструментальщики по заданиям данного предприятия.

Инструментальные цеха, как правило, есть на всех машиностроительных и металлообрабатывающих предприятиях в составе их инструментальных служб. Задачи службы — не только снабжать завод стандартными инструментами и технологической оснасткой, но и обеспечивать изготовление специальных инструментов, их бесперебойную поставку в производственные цеха и на рабочие места, осуществлять ремонт и восстановление инструментов и прочей технологической оснастки, вышедшей из строя. Ее работники должны собрать, рассортировать и передать специальным организациям отходы различных инструментальных материалов, особенно тех, которые содержат дефицитные легирующие металлы — вольфрам, ванадий, тантал и другие. Служба не только обязана обеспечить всех рабочих инструментами в нужном количестве, ассортименте и в заданные сроки, но и организовать их грамотную эксплуатацию. С этой целью в составе инструментальной службы завода действует специальная инспекция — инструментальный технический надзор. Работники надзора контролируют режимы и условия эксплуатации и хранения инструментов, оказывают помощь рабочим

в освоении специальных навыков и приемов использования, изучают причины выхода их из строя, регулируют расход инструментов во всех производственных подразделениях предприятия.

Инструментальная служба завода — сложное хозяйство. Здесь свои склады, цеховые инструментально-раздаточные кладовые, мастерские по ремонту и восстановлению инструментов, заточные мастерские, приемо-сортировочные пункты, где организован прием и первичная переработка отработавших инструментов, абразивные мастерские и многое другое. Спросите любого рабочего, инженера или директора завода — как влияет работа инструментальной службы на ход производственного процесса? И Вам ответят, что от слаженности, организованности, продуманности, плавности работы этой службы в огромной мере зависит судьба любого производственного плана. Нет инструмента — и падает производительность труда, ухудшается качество продукции, растут издержки производства, возникают производственные конфликты.

Говоря об обеспечении производства инструментами, следует четко представлять себе, что речь идет не только обо изготовлении инструментов, но и о выполнении всех элементов инструментальной подготовки производства. По мнению многих специалистов — ученых и практиков, это одна из наиболее значительных среди множества производственных функций промышленного предприятия. И хотя инструментальное производство на машиностроительном заводе, например тракторном, часто называют вспомогательным, по сложности, точности, высокому уровню специальных требований к продукции оно нисколько не уступает, а во многих случаях превосходит основное производство.

Таким образом, подытожив сказанное, можно четко выделить две формы организации инструментального производства. Первая — централизованная, действующая в виде специализированной подотрасли станкостроительной и инструментальной отрасли машиностроения. Вторая — децентрализованное производство специальных видов инструментов и технологической оснастки непосредственно на том предприятии, где эти инструменты и оснастку эксплуатируют.

В дополнение к традиционно существующей продукции инструментальной промышленности в последние

годы получает все более широкое применение различная технологическая оснастка, собираемая из универсальных деталей и их сочленений, как это делается при игре с детским конструктором. Вспомните, кстати говоря, универсальный штамп. Набор универсальных деталей очень широк и постоянно пополняется. Ныне из таких деталей можно собрать множество вариантов приспособлений, штампов, контрольно-измерительных устройств, сварочных и монтажных стенов. Весь цикл сборки такой конструкции, включая время на обдумывание компоновочной схемы приспособления и испытание готовой конструкции, как правило, не превышает 3—5 часов, что примерно в 10—15 раз быстрее, чем при проектировании и изготовлении подобных конструкций обычным традиционным методом.

Производство универсальных деталей и агрегатов централизовано. Этим занимается отдельное производственно-техническое объединение «Союзтехоснастка» Министерства станкостроительной и инструментальной промышленности. Вся работа по проектированию универсально-сборных и перенастраиваемых элементов выполняет специализированное межотраслевое головное конструкторско-технологическое бюро ПТО «Союзтехоснастка» в г. Харькове и Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-технологический институт машиностроения в г. Краматорске. Эти организации вместе со специальной центральной базой и заводами полностью обеспечивают предприятия страны всеми нужными деталями универсальной оснастки, создают новые конструкции, неустанно повышая их качество.

Производство универсальных режущих, абразивных и алмазных инструментов, специальных твердых сплавов тоже централизовано во всесоюзном масштабе. Поставками режущих, измерительных, слесарно-монтажных вспомогательных инструментов и ряда принадлежностей к металлорежущим станкам (патронов, центров, тисков и т. п.) занимается Всесоюзное промышленное объединение «Союзинструмент». Исследования и разработку новых видов инструментов выполняет Всесоюзный научно-исследовательский инструментальный институт в г. Москве. Производство универсальных инструментов организовано на специализированных заводах. Славные инструментальные заводы — «Фрезер», «Калибр», ЧИЗ, СИЗ, МИЗ и многие другие хорошо

известны не только машиностроителям нашей Родины, но и далеко за ее пределами.

У большинства современных инструментов режущие и измерительные части выполнены из особо твердых инструментальных сплавов. Их специальным образом спекают из порошков карбидов вольфрама, титана, кобальта, тантала и др. Готовые пластины твердых сплавов различных форм припаивают или механически прикрепляют к державкам инструментов, изготовленным из обычных конструкционных сталей. Использование твердосплавных элементов во много раз увеличивает срок службы инструментов, позволяет увеличить режимы резания (скорость, подачу, глубину резания) и тем самым значительно увеличить производительность труда при резании металлов, снизить расходование ресурсов на производство инструментов, в целом снизить общие издержки машиностроительного производства. Изготовление твердых сплавов и изделий из них — дело тонкое и очень специфичное. Оно сосредоточено на специализированных комбинатах твердых сплавов, подчиненных Всесоюзному промышленному объединению «Союзтвердосплав» Министерства цветной металлургии СССР.

Не менее специфично производство инструментов из естественных и искусственных минералов, синтетических алмазов и современных сверхтвердых материалов на основе кубического нитрида бора. Здесь воедино сливаются огромные давления, температуры и тонкие структуры исходных химических веществ с высокими требованиями, предъявляемыми к качеству сверхтвердых инструментов. Изготовление абразивных и сверхтвердых инструментов сосредоточено на предприятиях Всесоюзного промышленного объединения «Союзабразив». Все технические и исследовательские задачи для этой группы инструментов решает специализированный Научно-исследовательский институт абразивов и шлифования (ВНИИАШ) в г. Ленинграде и Институт сверхтвердых материалов в г. Киеве. Такова в принципе организация инструментального производства и предприятий в нашей стране.

Теперь зададим вопрос. Для чего мы это все Вам рассказали? Вам, выбирающим профессию и стоящим в начале трудового пути. Сделано для того, чтобы расширить Ваш кругозор, показать взаимосвязь звеньев

инструментального производства укрупненным планом. И на фоне этого подчеркнуть значимость и необходимость различных профессий, специальностей, связанных с инструментальной промышленностью. Кроме того, представляя целое, можно с большей уверенностью и ответственностью выбрать частное — свою профессию, свой путь в жизни. Но это не значит, что в своей будущей деятельности Вы обязательно ограничитесь только рамками узкой специализации. Если у Вас есть призвание к дальнейшему поиску, творчеству, то это будет лишь началом деятельности. Здесь уместно напомнить, что окончили в свое время профтехшколу Главный конструктор ракетно-космических систем С. П. Королев, первый советский космонавт Ю. А. Гагарин.

Социализм открыл необъятные просторы для творческого развития личности, поднял труд до уровня потребности человека, создал условия, когда интересы каждого сливаются с интересами всего общества, сделал почетной любую специальность, любую профессию. В почетной семье трудового народа, люди, посвятившие свой труд производству орудий труда — инструментов, занимают достойное и уважаемое место!

НАЧАЛО ПУТИ

Теперь, когда наше повествование подходит к концу, попробуем вместе ответить на вопрос, кто же такие инструментальщики. И попутно уточнить, что же подразумевается в заглавии книги «Моя профессия — инструментальщик».

Мы уже знаем, что в далеком прошлом были мастера, которые своими руками от начала и до конца делали инструменты. Мало того, они не только изготавливали инструменты, но и придумывали их форму, геометрию, а также, как сейчас говорят, технологию производства. И в наше время есть такие специалисты. Однако то, что было раньше, неприемлемо для современной промышленности и экономики. Представьте себе крупный инструментальный завод, каждый работник которого самостоятельно выпускает какой-либо инструмент, например, сверло. Даже сам проектирует. И так работают все в многотысячном коллективе! Даже у далекого от проблем техники человека такая постановка дела вызовет недоумение.

— Не лучше ли, — скажет он, — каждому поручить отдельный участок работы, ее часть, но потребовать быстрого и качественного выполнения?

Конечно, лучше. Так и поступают. Дифференцируют всю технологию изготовления на отдельные операции, а каждую операцию или несколько однородных поручают осуществлять специалистам узкого профиля. Но тогда получится, что инструменты непосредственно рождаются в цехах заводов благодаря коллективному труду рабочих многих профессий, а не одной. Здесь термисты и токари, шлифовщики и заточники, сверловщики и сварщики и многие другие рабочие профессии, включая слесарей-инструментальщиков. Кроме того, изготовление инструментов не обходится и без участия инженерно-технических работников, среди которых видное место занимают технологи и конструкторы. Вернее конструкторы и технологи. Ведь любой инструмент, оснастка приобретают свои законченные формы и размеры сначала на листах бумаги — в чертежах. Создать конструкцию и выполнить ее в чертежах сложно. Для этого нужны знания, соответствующая инженерная подготовка с определенной спецификой, свойственной той или иной отрасли производства. Здесь нужны не только знания, полученные после окончания техникума и института, но настойчивая работа над собой. Спроектировать новый инструмент — трудоемкий и мучительный процесс и он под силу только настойчивым и работоспособным людям, у которых в душе есть огонь дерзаний и поиска. Но конструкции инструментов не возникают на пустом месте. В них воплощаются достижения деятелей науки, даже целых коллективов, рекомендации работников промышленности, весь предшествующий опыт многих специалистов.

Наконец, чертежи готовы, выверены и утверждены. Однако они не сразу поступают к рабочим для изготовления. А попадают к технологам. Они-то и расписывают весь технологический процесс изготовления изделия, устанавливая документально, на каких станках, в какой последовательности, какую часть поверхности и как обработать, какими инструментами, при каких режимах следует вести процесс изготовления инструментов. Часто между технологами и конструкторами возникают производственные споры. Не всегда ведь легко осуществить в материале задумку конструктора с

требуемой точностью и качеством. Это полезные споры. В них рождается истина. Важно, что и квалифицированные рабочие не остаются в стороне, а делятся своим опытом, советами. Поэтому квалифицированный конструктор должен не только поддерживать творческую связь с наукой, но и знать технологию и осуществлять тесный контакт с производством. С другой стороны, и технологи и рабочие должны хорошо понимать чертежи, так как для них это язык техники. В производстве инструментов не последнюю роль играют директор завода и главный инженер. Они не только являются специалистами инструментального производства и досконально его знают, но и обладают управленческим талантом. Без этого немислима четкая плановая работа завода.

Таким образом, в производстве инструментов заняты люди разных специальностей, разных профессий. И не только те, которые непосредственно аттестованы как инструментальщики: слесарь-инструментальщик, лекальщик, токарь-затыловщик, но и другие. Поэтому говорить только об одной или нескольких профессиях, которые в современных условиях производства обеспечивают выпуск инструментов, конечно, нельзя. Следует говорить о коллективном творчестве, о собирательном значении слова «профессия» инструментальщика. В связи с чем название книги «Моя профессия — инструментальщик» — лишь условность в своей единичности. В действительности же это совокупность, это воплощение широкого поля деятельности для рабочих разных профессий, техников, инженеров разной специализации, объединенных интересами инструментального производства. Исходя из этого, объяснения слова «инструментальщик» в словаре, составленном С. И. Ожеговым, более полное, так как слова «рабочий» и «специалист» разделены не тире, а запятой, и формулировка понимается как перечисление.

Вот и получается, что окончив школу, Вы сможете стать инструментальщиком, получив специальную практическую подготовку и знания в профессионально-технических училищах, техникумах и институтах. Для этого есть в нашей стране все необходимые учебные заведения. Остановимся вкратце на этом вопросе.

Откроем прежде всего «Справочник для поступающих в городские профессионально-технические учебные

заведения» на 1983 год и займемся весьма кропотливой и многочасовой работой. Нам необходимо узнать, сколько учебных заведений страны занимаются подготовкой рабочих-инструментальщиков. И какие главные из них. Вот результаты нашего подсчета. Всего в Советском Союзе профессионально-технических училищ машиностроительного профиля 838. Из них средних профессионально-технических училищ 533; технических училищ 233 и профессионально-технических училищ 72. Самая, так сказать, ярко выраженная официально и распространенная профессия — слесарь-инструментальщик. Она есть не во всех машиностроительных училищах. В средних 181, технических 76 и профессионально-технических 21. Как видите, достаточно много. Остальных профессий, таких как гравер, слесарь по контрольно-измерительным приборам и автоматике и прочее, меньше — в сумме 64. А где же другие профессии, о которых мы так много говорили? Где они «прячутся» в справочнике? Где фрезеровщики, токари, шлифовщики, зуборезчики, сверловщики, наконец, сварщики, термисты и прочие, которые с успехом работают в инструментальной промышленности и заняты пооперационно выпуском инструментов? Они есть в большинстве училищ технического профиля, но спрятаны за строками официальных профессий без слова «инструментальные».

Инструментальными по сути, смыслу деятельности они станут тогда, когда Вы, получив профессию фрезеровщика или токаря, зуборезчика или термиста, пройдете специализацию на инструментальных заводах или в отдельных инструментальных цехах применительно к особенностям инструментального производства. Не только пройдете, но и будете совместно с другими изготавливать режущие и измерительные инструменты, штампы, пресс-формы, оснастку, без чего не обходится современная промышленность.

А теперь проведем аналогичную «экскурсию» по справочнику на 1983 год для поступающих в средние специальные учебные заведения СССР. Итак, средних учебных заведений промышленного профиля, имеющих отношение к технике и машиностроению, около 740. Почему около? Это объясняется тем, что при подсчете по справочнику иногда возникали трудности точного определения профиля учебного заведения. Например в

том случае, когда на дневном отделении имеются специальности по первичной обработке льна, бухгалтерскому учету, на вечернем — обработка металлов резанием, оборудование текстильных предприятий (г. Орша). Однако приведенное число в целом отражает существо вопроса. Далее, самая распространенная специальность, имеющая отношение к инструментальщикам — обработка металлов резанием. По ней готовят специалистов 322 средних учебных заведений, по инструментальному производству — 53, а по производству штампов и пресс-форм — 11.

И, наконец, для Вас открыты двери всех высших учебных заведений нашей страны. Мы сделали выборку из справочника для поступающих в вузы применительно к подготовке специалистов по инструментам для обработки материалов. Оказалось, что из 65 политехнических институтов СССР только один Туркменский в г. Ашхабаде не имеет специальностей «металлорежущие станки и инструменты» и «технология машиностроения». В шести из одиннадцати промышленных институтов есть этот профиль. Четыре завода-ВТУЗА из пяти и 13 из 15 машиностроительных и механических институтов выпускают инженеров по станкам и инструментам. Если их суммировать, то получим внушительное число — 87 высших учебных заведений, в которых можно получить образование в области инструментального производства.

Сегодня Вы задумались над выбором профессии. Профессий много. Одна заманчивее другой. Каждая хороша и увлекательна. Но чтобы это почувствовать, надо выбрать свою профессию, свой путь в жизни. От этого во многом определяется и успех. Если же профессия выбрана не по душе, то тогда работа превращается в повинность, в тяжелую и унылую борьбу с самим собой и необходимостью. А труд должен приносить счастье. В этом кроется смысл жизни. Поэтому мы не пытались в книге внушить мысль о том, что инструментальные специальности самые лучшие. А просто осветили некоторые грани этих профессий с целью расширить Ваш кругозор перед важным и ответственным шагом. Но если, прочтя книгу, Вы задумаетесь серьезно, не вступить ли в славную армию инструментальщиков, то наша задача будет выполнена. Тем более выполнена, если ими станете.

А если станете, то не пожалеете. Тому залогом достойный пример инструментальщиков нашей страны, посвятивших свою жизнь любимому делу. Трудно назвать главные имена. По причине того, что, во-первых, их много. А, во-вторых, инструменты на современных заводах изготавливают благодаря коллективному труду большого числа людей с весьма четкой трудовой специализацией. Чтобы это реально себе представить, почитайте книгу — очерк истории Московского ордена Трудового Красного Знамени завода режущих инструментов имени М. И. Калинина, которая имеет весьма лаконичное и гордое название «Наш «Фрезер». В 1982 г. заводу исполнилось всего 50 лет. Он был построен в результате напряженного труда советского народа в период первой пятилетки. Эта книга — живая история. Тут и Кавалеры ордена Ленина М. Е. Ельцов, А. Г. Бардин, В. Н. Чернов, М. А. Артемкина, Г. А. Колин, Е. М. Киселева, Герой Социалистического Труда А. Е. Тимофеев, лауреаты Государственной премии С. П. Карцев, Д. Г. Христофоров, Н. Л. Александров, А. И. Лапин, Г. А. Алексеев, Н. Ф. Фесечко и многие другие рабочие, мастера, инженеры. И не только отдельные имена, личности — целые семейные династии Митюшиных, Степиных, Тимофеевых, Левкиных нашли свое трудовое счастье в инструментальном деле. Так, у одних только Митюшиных производственный стаж на заводе «Фрезер» около 250 лет! Вот, что значит любить свою профессию, завод и с почтением относиться к традициям старшего поколения!

А теперь почитайте другую, не менее интересную книгу — «Ударный «Калибр» об еще одном юбиларе советской инструментальной промышленности — заводе «Калибр», построенном в годы первой пятилетки. В отличие от завода «Фрезер», который выпускает разнообразнейшие режущие инструменты, на заводе «Калибр» изготавливают контрольно-измерительные средства. Еще в 1930 году за два года до пуска завода американские инженеры говорили, что точность в технике — это результат труда поколений, продукт особой культуры производства, что создание отвечающей современным требованиям инструментальной промышленности в отсталой и разоренной стране без квалифицированных кадров и соответствующего оборудования является непосильной задачей. Действительно, на первых порах

брака было больше, чем годной продукции. Опыта не было. Даже простой угольник не получался точным. Как победу восприняли то, что слесарю-лекальщику Э. И. Рябчиковой удалось довести до требуемого качества один угольник. За 84 часа рабочего времени! Или целый месяц собирали один микрометр, который «родился» в мае 1933 года. Не получалась его сборка, притирка, не было точности. А к 1935 году завод уже освоил выпуск резбовых калибров, супермикрометров, си-нусных линейек, сложных шаблонов, конусных резьб и прочее. И за всем этим стоит самоотверженный трудовой подвиг советского человека. Калибровцы гордятся своей трудовой славой: шесть кавалеров ордена Ленина, 13 лауреатов Государственной премии СССР, сотни орденосцев и тысячи медалистов. Восемь воспитанников завода «Калибр» стали Героями Советского Союза, в том числе слесарь-лекальщик В. Н. Леонов — дважды. С любовью и уважением говорят о П. И. Кутузове, Н. В. Кушникове, Д. С. Семенове, А. Я. Вату-тине, Д. Я. Рыкове. Об их уникальных работах сложили легенды.

Быть рабочим в нашей стране почетно. И тем более вдумчивым, пытливым, постоянно совершенствующим уровень своего мастерства. Нередко передают они свой опыт в книгах. «Жизнь — поиск», «Рабочие-умельцы» — книги токаря-лекальщика Б. Ф. Данилова, относящиеся к теме нашего разговора. Его метчики, протяжки, гребенки, резбовые калибры, накатники для образования внутренних резьб и прочие инструменты верно служат производственникам.

Торцовые и концевые фрезы лауреата Государственной премии Е. Ф. Савича, многоигольчатый штангенрейсмус, новые типы разметочных циркулей и оптическая делительная головка А. С. Васильева, припиловочная рамка для шаблонов С. А. Новикова, оптический шаблон для контроля углов резцов, резбонарезное устройство для метчиков и плашек, двухручачковый патрон В. Т. Копылова, мини-патроны и станок для заточки сверл диаметром до 0,1 миллиметров М. В. Мохова, сборные прорезные фрезы М. С. Крамаровского, инструменты В. Н. Трутнева и многие, многие другие инструменты и оснастка говорит о творческом, новаторском труде советских рабочих. Это и есть «Счастье трудных дорог» по меткому названию книги Героя Со-

циалистического Труда, слесаря станкостроительного завода «Красный Пролетарий» В. В. Ермилова.

Следует заметить, что на каждом инструментальном заводе, в инструментальных цехах машиностроительных заводов, в научно-исследовательских институтах и учебных заведениях над изготовлением и совершенствованием инструментов трудится большая армия рабочих, инженеров и ученых. Мы не назвали многих имен, но нет сомнения в том, что с некоторыми из них Вы познакомитесь, когда начнете свою трудовую деятельность, связанную с инструментами, так как в нашей стране повсюду есть люди, влюбленные в свою профессию. У них многому можно научиться. Надо только захотеть. И не обязательно в их трудовой книжке должна быть запись «Инструментальщик». Ведь даже среди перечисленных фамилий рабочих, посвятивших свою жизнь изготовлению инструментов, не все имеют эту запись. Например, фрезеровцы А. Г. Бардин, В. Н. Чернов, М. А. Артемкина — шлифовщики, Г. А. Колин — токарь, Е. М. Киселева — токарь-отрезчица, а А. Е. Тимофеев — резбошлифовальщик. Однако без этих специальностей не смог бы существовать завод «Фрезер», а люди — без сознания того, что они делают инструменты и являются частью обобщенного коллективного имени «инструментальщик».

Наконец, Вы выбрали себе профессию, преодолев мучительные сложности вопроса «Кем быть?» Теперь то и открываются перспективы выбранной профессии, перспективы повышения профессионального мастерства. Дело в том, что, как уже было сказано, каждая профессия имеет так называемые разряды. Например, слесари-инструментальщики, граверы, контролеры измерительных приборов и специального инструмента, токари, фрезеровщики, шлифовщики могут иметь разряды от второго до шестого; токари-затыловщики — до пятого разряда включительно, а электрозаточники инструментов, насекальщики напильников, распили и пил, комплектовщики изделий и инструментов — до четвертого разряда.

Шестой разряд — высший. Его присваивают не только за умение выполнять самые сложные работы с требуемым качеством и производительностью, но и за глубокие профессиональные знания. Другой работой их стараются не загружать, для этого есть менее высокие

разряды. Нельзя сказать, что рабочие второго разряда ничего не умеют делать. И для них всегда есть работа по их квалификации, и к ним предъявляются вполне определенные требования, к тому же и требования повышения разряда. Второй разряд — лишь начало роста профессионального мастерства. У этих истоков побывали в свое время и сегодняшние мастера шестого разряда. Правда, не у всех профессий второй разряд низший. Например, насекальщики напильников, распили и пил, сверловщики, штамповщики и слесари механосборочных работ получают сначала первый разряд.

Но не число разрядов в той или иной профессии является главным. Главное заключается в том, что любая профессия требует постоянной работы над собой и открывает перспективы роста. Для этого необходимо дерзать и преодолевать все новые и новые рубежи. Это и окончание школы, училища, техникума, института, получение высоких разрядов рабочего, это и рационализаторские предложения, изобретения, это научный поиск. Везде необходим упорный труд, любовь к своей профессии.

Но профессию надо выбирать смелому, и притом наверняка, чтобы потом не переучиваться, а сразу по мере своих способностей и сил стать полезным обществу человеком. На это и направлена реформа общеобразовательной и профессиональной школы, проводимая в нашей стране. Поэтому одним из ее аспектов является планомерное осуществление перехода к всеобщему профессиональному образованию молодежи, ее трудовому воспитанию и профессиональной ориентации еще со школьной скамьи. Однако это не значит, что выбор профессии, специализация решаются волевым путем, так сказать, давлением старших или ответственных лиц. Наоборот — выбор своей профессии, своего пути в жизни — Ваше право, право молодого советского человека. Право гражданина Советского Союза. И оно записано в Конституции СССР в статье 40. Приведем ее полностью.

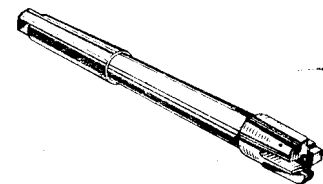
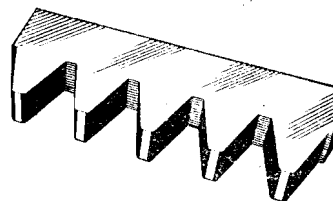
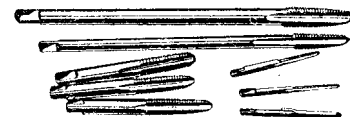
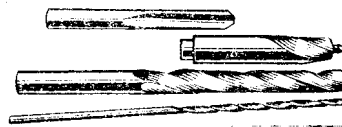
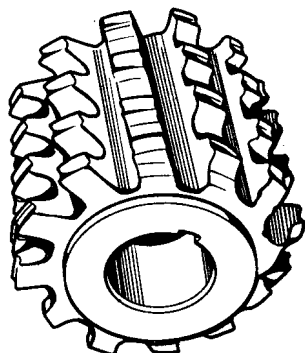
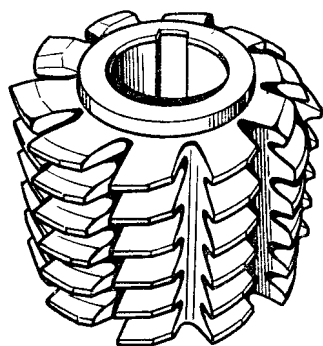
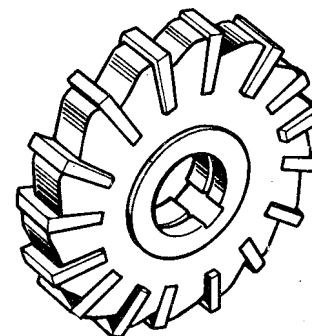
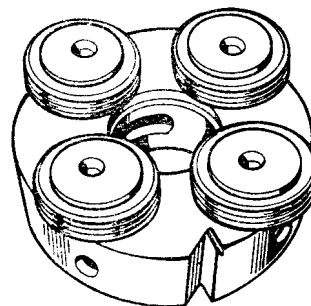
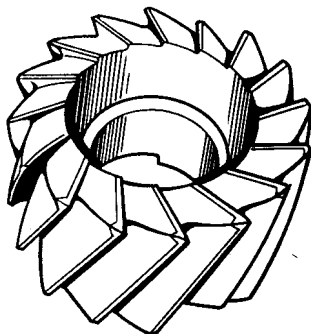
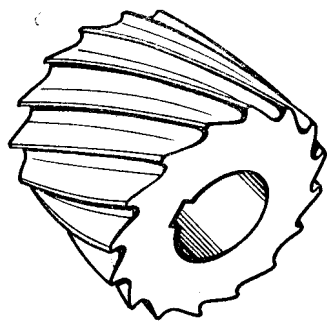
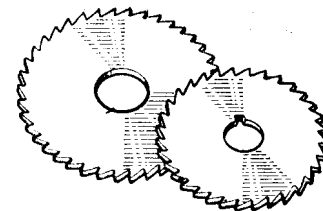
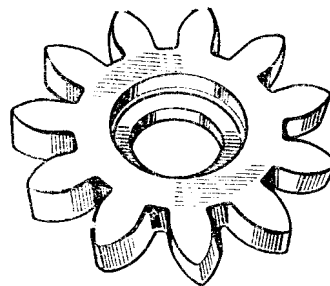
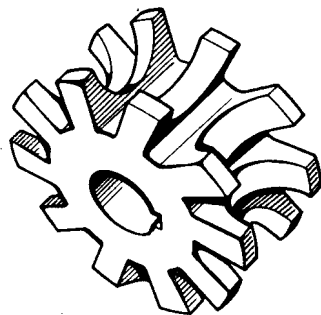
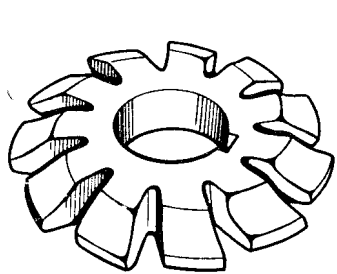
«Граждане СССР имеют право на труд, — то есть на получение гарантированной работы с оплатой труда в соответствии с его количеством и качеством и не ниже установленного государством минимального размера, — включая право на выбор профессии, рода занятий и работы в соответствии с призванием, способностями,

профессиональной подготовкой, образованием и с учетом общественных потребностей.

Это право обеспечивается социалистической системой хозяйства, неуклонным ростом производительных сил, бесплатным профессиональным обучением, повышением трудовой квалификации и обучением новым специальностям, развитием систем профессиональной ориентации и трудоустройства». В этом залог счастья!

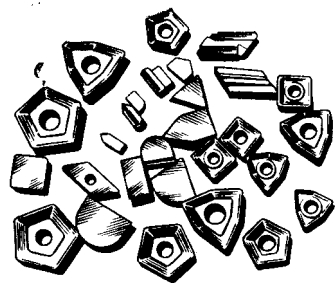
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Барбашов Ф. А. Фрезерное дело. М.: Высшая школа, 1980. 208 с.
- Беккерт М. Мир металла. М.: Мир, 1980. 152 с.
- Водопьянов Н. В. Справочник слесаря-инструментальщика. Харьков: Прапор, 1983. 120 с.
- Григорьев С. П. Практика слесарно-инструментальных универсальных работ. М.: Машиностроение, 1983. 208 с.
- Грозовский М., Зурин М. Ударный калибр. М.: Московский рабочий, 1982. 327 с.
- Данилов Б. Ф. Жизнь—поиск. М.: Московский рабочий, 1975. 344 с.
- Данилов Б. Ф. Рабочие-умельцы. М.: Московский рабочий, 1978. 152 с.
- Денежный П. М., Стискин Г. М., Тхор И. Е. Токарное дело. М.: Высшая школа, 1976. 240 с.
- Евдокимов В. Д., Полевой С. Н. Знакомьтесь — инструменты. М.: Машиностроение, 1981. 109 с.
- Ермилов В. В. Счастье трудных дорог. М.: Московский рабочий, 1975. 400 с.
- Меркулов А. П. Без резца и штампа. М.: Машиностроение, 1983. 160 с.
- Металлорежущие станки и автоматы / А. С. Проников, Н. И. Камышный, Л. И. Волгкевич и др. Под ред. А. С. Проникова. М.: Машиностроение, 1981. 479 с.
- Наш Фрезер / В. А. Чалмаев. М.: Московский рабочий, 1981. 336 с.
- Полевой С. Н., Евдокимов В. Д. Обработка инструментальных материалов: Справочник. Киев: Техніка, 1980. 150 с.
- Родин П. Р. Металлорежущие инструменты. Киев: Вища школа, 1979. 432 с.
- Хамитов Р. К. Справочник станочника. Харьков: Прапор, 1978. 128 с.

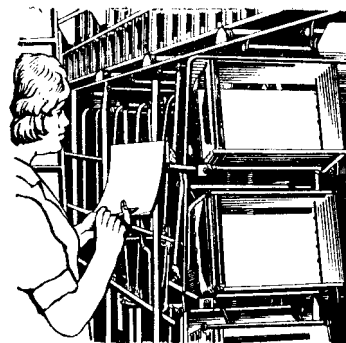
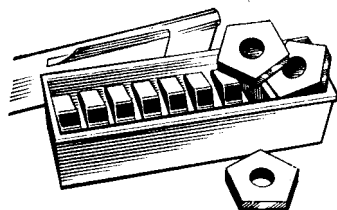


Современные инструменты отличаются сложностью формы, высокой точностью и прочностью (фрезы модульная, фасонная, цилиндриче-

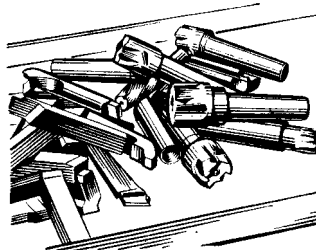
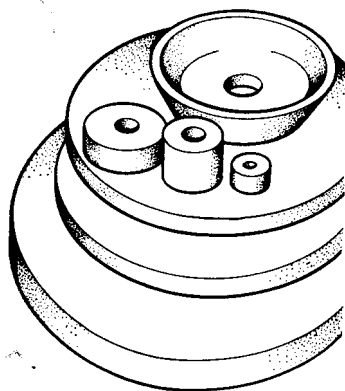
ские, червячные, долбяки, дисковые фрезы, резьбонакатная головка, сверла, метчики, гребенки, развертка)



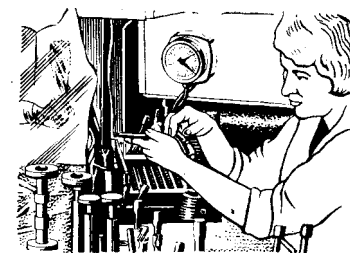
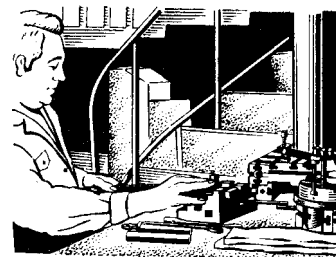
Режущие зубья многих инструментов оснащают пластинами из твердых сплавов различных форм и размеров



ции и порядка. Для этого используют стеллажи

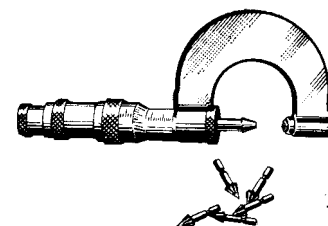
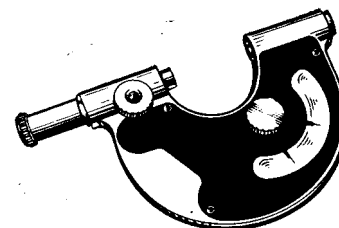
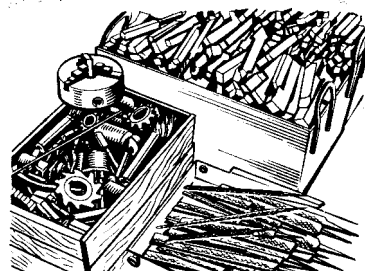
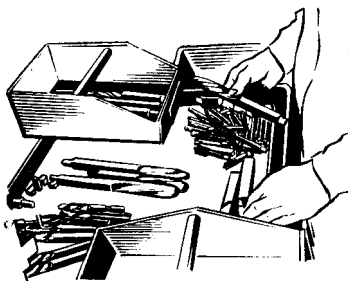


Изношенные и сломанные инструменты не выбрасывают. Их сортируют, восстанавливают и вновь используют в производстве



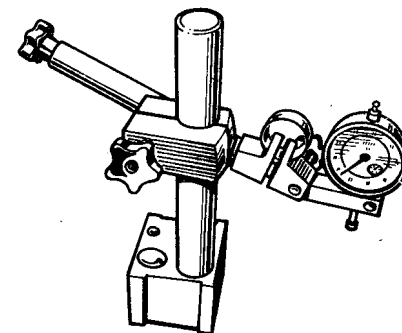
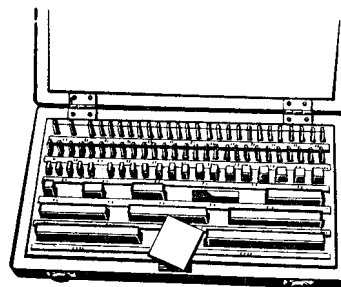
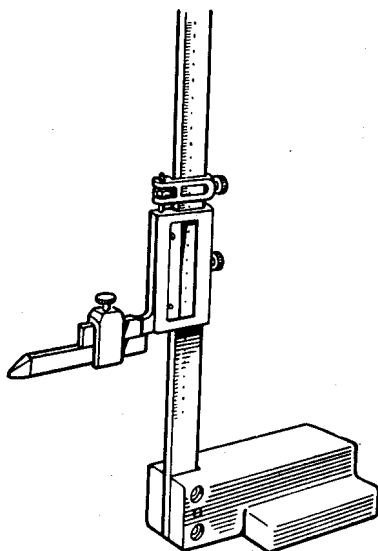
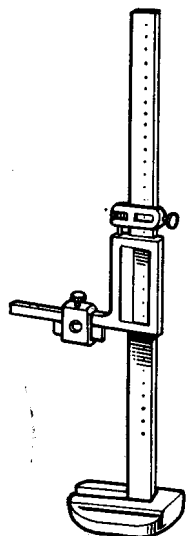
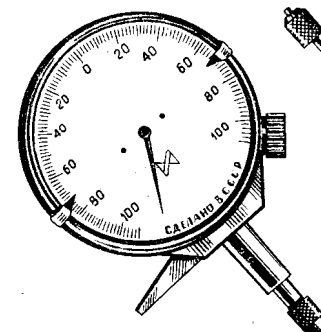
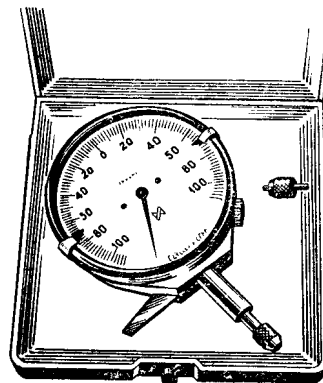
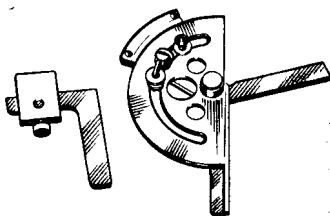
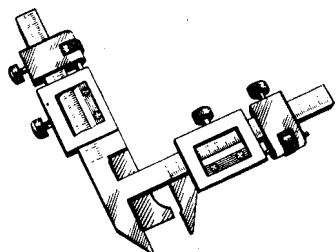
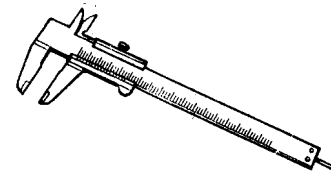
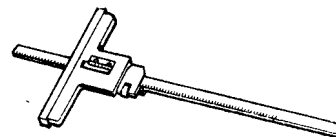
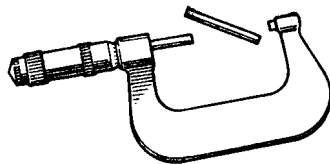
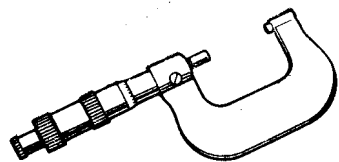
Процесс восстановления инструмента начинают с определения степени его повреждения

Для проверки инструмента нужны точные приборы

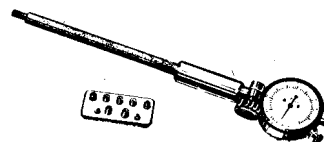


Без измерительных инструментов не обойтись. Их также, как и режущие

Учет и хранение документации и инструмента требуют четкой организа-

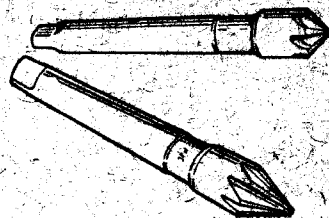
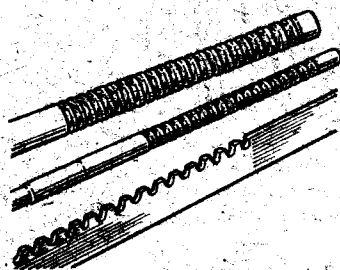
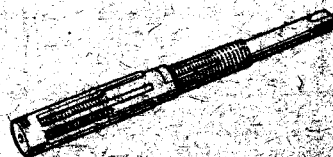
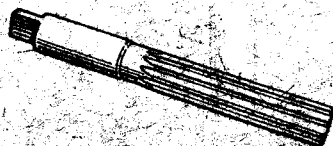
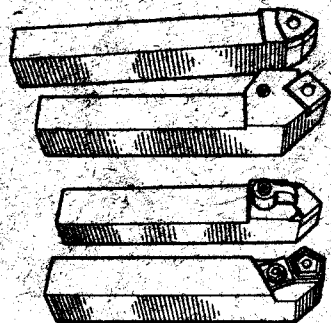
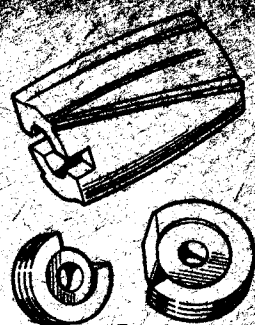


инструменты, изготовляют инструментальщики (рычажная скоба, микрометры, штангенреймасы, штангенглубиномер, индикаторы часового типа, плоскопараллельные концевые меры длины, индикатор со стойкой,



индикаторный нутромер)

Резущие инструменты весьма разнообразны:
токарные резцы с пластинками из
твердого сплава; фреза и ре-
зовые гребенки; развертки пере-
гулируемая и регулируемая; про-
тяжки; зенкер



СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ИЗ ГЛУБИНЫ ВЕКОВ	5
СДЕЛАНЫ ДЛЯ ВСЕХ	18
НЕ КАЖДОМУ ПОД СИЛУ	62
И ТВЕРДЫЕ, И ПРОЧНЫЕ	93
КАК ДЕЛАЮТ ИНСТРУМЕНТЫ	105
ОСНАЩЕНЫ СОВРЕМЕННО	123
ВРАЧИ ИНСТРУМЕНТОВ	128
КАК ОРГАНИЗОВАНО ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ПРОИЗ- ВОДСТВО	137
НАЧАЛО ПУТИ	143
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	152