

15 коп.

КЕМ БЫТЬ?!

КЕМ БЫТЬ?!



В. Д. ЕВДОКИМОВ,
С. Н. ПОЛЕВОЙ

ЗНАКОМЬТЕСЬ—
ИНСТРУМЕНТЫ

СЕРИЯ «КЕМ БЫТЬ!»

В. Д. ЕВДОКИМОВ,
С. Н. ПОЛЕВОЙ

ЗНАКОМЬТЕСЬ — ИНСТРУМЕНТЫ



Москва
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»
1981

ББК 34.63—56
E15
УДК 621.9.02

Рецензент д-р техн. наук М. И. Юликов

Евдокимов В. Д., Полевой С. Н.
E15 Знакомьтесь — инструменты. — М.: Машино-
строение. 1981. — 109 с., ил. (Кем быть?).
15 к.

Книга в популярной форме знакомит с историей развития инструментов для обработки различных материалов. Повествуя об инструментах для обработки отверстий, резцов, фрезах, абразивных кругах, брусках, измерительном инструменте, авторы проводят мысль о непрерывном их совершенствовании в результате творческого труда человека в борьбе за благосостояние, повышение производительности и качества работы. Показана роль инструментов в машиностроительном производстве.

Книга предназначена для молодежи, заканчивающей среднюю школу.

31207-104
E 104-81. 2704040000
038(01)-81

ББК 34.63—56
6П4.6.08

Издательство «Машиностроение», 1981 г.

ВВЕДЕНИЕ

Нет необходимости объяснять роль инструментов в становлении человека и в развитии общества. Инструменты — орудия труда, и этим все сказано.

С инструментами мы встречаемся дома, на уроках труда в школьных мастерских и на занятиях в технических кружках. Однако большинство инструментов применяется все же не здесь, а в разнообразных областях машиностроительного производства. При этом без преувеличения можно сказать, что без инструментов невозможно сделать не только сложный механизм, станок, машину, но и любую простейшую деталь. Поэтому уделяют серьезное внимание инструментам рабочие и инженеры на заводах, деятели науки и техники в проектных и научно-исследовательских институтах.

Качество и производительность труда также зависят от применяемых инструментов. Даже конструкции станков во многом определяются используемыми инструментами и материалами, из которых их изготавливают. Например, замена высокоуглеродистых сталей быстрорежущими легированными сталями, а их, в свою очередь, — твердыми сплавами, керамическими материалами и в некоторых случаях алмазами потребовала создания новых более скоростных, мощных и точных станков. Характерные особенности инструмента, принцип их действия играют важную роль в выборе кинематических схем станков. Так, для долбяка — инструмента для нарезания зубчатых колес — специально был создан весьма сложный долбежный станок, а для высокопроизводительной протяжки — относительно простой по принципу действия протяжной станок.

Инструменты отличаются большим разнообразием. Прежде всего это инструменты, осуществляющие процесс резания со снятием припуска в виде стружки, обрабатывающие материалы давлением, ударом — пластическим деформированием. К таким инструментам относятся резцы, сверла, штампы, молотки, шлифовальные круги и т. д. Есть инструменты, принцип действия кото-

рых основан на физических и электрохимических эффектах. Кроме того, существуют инструменты, которыми не обрабатывают, но без которых нельзя обойтись. Это измерительные инструменты, а также слесарно-монтажные — отвертки, гаечные ключи и т. д. Но, несмотря на то, что в настоящее время появились и с успехом работают инструменты, основанные на физических и электрохимических принципах, тем не менее доля обычных режущих инструментов остается высокой. Мало того, их постоянно совершенствуют, улучшают показатели и конструируют новые. Поэтому инструменты для обработки металлов резанием и в настоящее время очень нужны, часто без них просто невозможно обойтись. Именно таким наиболее широко применяемым инструментам и посвящена книга.

Но как же разобраться в большой массе этих инструментов? Для этого инструменты разделяют на группы, классифицируют по общим признакам. Например, по форме обрабатываемой поверхности выделяют группу инструментов, предназначенных для обработки наружных поверхностей, к другим группам относят инструменты, предназначенные для обработки отверстий, нарезания резьб, разделения материала — разрезания его на части, создания профилей зубьев шестерен. Инструменты классифицируют также по конструктивным признакам и кинематическим особенностям их работы. В этом случае отдельные группы составляют шаберы, напильники, резцы, сверла, зенкеры, развертки, фрезы, шеверы, протяжки, зуборезные головки, пилы, метчики, плашки, долбяки, абразивные инструменты.

Инструменты создаются и постоянно совершенствуются усилиями многих поколений мастеровых людей, новаторов производства, инженеров и ученых. Велика роль в этом деле и наших соотечественников. Так, русский ученый И. А. Тиме в 1868—1869 годах впервые исследовал процесс резания и отделения стружки от обрабатываемой поверхности. К. А. Зворыкин выяснил и доказал схему сил, действующих на резец, что позволило не только приступить к разработке методов расчета прочности инструментов, но и легло в основу науки о конструировании исполнительных механизмов — станков и приспособлений. В 1912—1915 годах Я. Г. Усачев исследовал физические процессы, происходящие при резании, измерил температуру лезвия, обнаружил

явление наклепа на обработанной поверхности. Славные имена рабочих, ученых и передовиков производства навсегда вошли в историю развития техники, историю развития инструментов и методов их использования. Трудом д-ра техн. наук проф. И. И. Семенченко и других создана советская школа конструирования и производства режущего инструмента. В работах д-ров техн. наук проф. Г. И. Грановского, А. Я. Малкина, А. Н. Резникова и многих других ученых решены некоторые сложные вопросы резания металлов и режущего инструмента. Токари П. Б. Быков и Г. С. Борткевич были первыми в нашей стране, кто выступил за скоростные методы работы.

Но это не означает, что поиск закончен. В практику наших заводов входят все новые и новые станки и механизмы, автоматические линии и станки с программным управлением. Все они рассчитаны на использование сложных инструментов самых прогрессивных конструкций.

Еще более широкое применение получают инструменты в свете грандиозных задач, изложенных в «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года», где задается курс на более быстрое техническое перевооружение производства, создание и выпуск машин и оборудования, позволяющих улучшить условия труда и повысить его производительность, экономить материальные ресурсы. Создавать и внедрять в производство принципиально новую технику и материалы, прогрессивную технологию. Обеспечить рост выпуска машин и агрегатов большой единичной мощности и производительности, высокоэкономичного оборудования, законченных систем машин для комплексной механизации и автоматизации производства.

Почетно место машиностроителей и инструментальщиков в рядах тех, труд которых способствует улучшению жизни советских людей. Ибо в нашей стране созданы условия для широкого творческого участия каждого в общем деле, в достижении общей цели. Но гармония труда невозможна без знания особенностей трудового процесса и его элементов, в том числе, конечно, и свойств орудий труда. Еще в 1847 году Фридрих Энгельс писал: «Промышленность же, которая ведется сообща и планомерно всем обществом, тем более

предполагает людей со всесторонне развитыми способностями, людей, способных ориентироваться во всей системе производства»¹.

В. И. Ленин, указывая на то, что социализм впервые создает возможность «втянуть действительно большинство трудящихся на арену такой работы, где они могут проявить себя, развернуть свои способности, обнаружить таланты, которых в народе — непочатый родник и которые капитализм мят, давил, душил тысячами и миллионами»². В наше время, когда бурное развитие науки и техники неизмеримо увеличили значимость каждой трудовой минуты, требования к специалисту — рабочему, технику, инженеру, ученому резко возросли.

Теперь уже недостаточно просто работать, а нужно работать с огоньком, постоянно совершенствуясь в своей профессии. Для этого надо любить свою профессию. Вот почему ее правильный выбор имеет исключительно важное значение для всей творческой деятельности человека, и для Вас, дорогие читатели.

Совершенно очевидно, что нельзя стать хорошим рабочим, конструктором, технологом — специалистом своего дела, если не представлять себе, какими инструментами осуществляется обработка материалов, как из заготовок получают детали с требуемыми размерами, точностью, качеством. Инструменты объединяют машиностроителей различных областей техники. Это то общее для всех орудие труда, с которого начинается процесс обработки деталей станков, тракторов, автомобилей, самолетов, кораблей или простейших предметов домашнего обихода. Инструменты заслуживают внимания. От знания особенностей инструментов, их целесообразного использования и бережного отношения к ним зависят эффективность и качество труда, что имеет большое значение при решении грандиозных задач по развитию экономики нашей страны. Они неизменно сопровождают большинство производителей на протяжении всей творческой жизни. Четкое представление об инструментах является и важным слагаемым при выборе профессии машиниста.

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 4, стр. 335.

² В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 35, стр. 195.

ДРЕВНЕЙШИЙ ИЗ ИНСТРУМЕНТОВ

Размышления прервал шум. Он проникал через плотно закрытые широкие окна музея. Там, на улице ремонтировали асфальтовое покрытие — работали пневматические молотки. Скрипели тормозами машины. Дробный звук оборвался так же внезапно, как и появился. Торжественная тишина современности уступила место шепоту далекой истории.

Что это за кусок гранита, грубо заостренный с одной стороны и так похожий на обычные осколки камней, которые мы часто видим в горах? Почему он здесь — в археологическом музее? Приглядитесь повнимательнее к этому камню! Он не случайно лежит под стеклом, это драгоценный экспонат музея. Мы не ошиблись, — именно драгоценный экспонат музея, хотя и является гранитом. Дело в том, что камень обработан руками первобытного человека.

Камень был главным орудием в руках древнего человека, величественным свидетелем и неизменным участником его борьбы и страданий, лишений и побед. С помощью удара камня о камень совершалась обработка в глубокой древности. За один миллион сорок тысяч лет до нашей эры в раннем палеолите первобытный человек научился изготавливать каменные орудия в виде ручных рубил. Чаще всего для этой цели выбирался кусок гранита, от которого откалывались тонкие пластинки удлинённой формы с заостренными краями и длиной до 20 сантиметров. Наиболее древний человек нашей земли — питекантроп уже отличался умением изготавливать грубые каменные орудия.

Техника обработки камня ударом проходит длительный путь эволюции. Вслед за сколами, оббивкой появляется ударная ретушь, основанная на применении не-

сильных и частых ударов, дающих более высококачественную проработку режущих лезвий каменных орудий. При ударной ретуши, как установили археологи, изменяется угол падения отбойника от 0 до 90°. Таким образом обрабатывались уже орудия синантропа, стоящего на более высокой ступени развития, чем питекантроп.

Более тонкая обработка каменных поверхностей достигалась путем контрударной ретуши, при которой орудие держали на каменной наковальне и наносили по нему легкие и частые удары деревянной палкой. При многократных отскоках и ударах о наковальню с обрабатываемой поверхности каменного орудия, обращенной к наковальне, отслаивались маленькие чешуйки и получалась тонкая ретушь. Такая работа требовала навыка и терпения, так как из-за одного неосторожного удара раскалывалось почти готовое изделие. Есть все основания считать, что первобытный человек хорошо знал свойства камня и умел выбирать требуемые породы с учетом их твердости, хрупкости, обрабатываемости ударами, способности получать острые лезвия, умел различать направления наиболее благоприятного скола.

Сколько оригинальных решений придумано человеком с древних времен для крепления топора или молота к древку, рукоятке. Обработанный камень, вбитый в утолщенную часть древка,— простейшее крепление, в котором углубление делается в легко обрабатываемом дереве. Однако при сильных ударах камень постепенно раскалывал утолщенную часть древка или выпадал из него из-за расшатывания в углублении. Более сложное в изготовлении крепление применялось при строительстве свайных построек народом Шингу. Отверстие в древке со специальным утолщением делалось сквозным с малым угловым сужением, что приводило при ударах к лучшему заклиниванию каменной части орудия, но также не исключало возможность растрескивания дерева и выпадения камня. Древние австралийцы умели делать узлы для крепления грубо обработанного камня, а перуанцы в Южной Америке выдалбливали два захвата в камне для надежности его привязывания к рукоятке. Племена, жившие в древности на территории северо-запада Северной Америки, применяли не менее интересный вариант крепления каменного молота или топора. По этому варианту функции двух

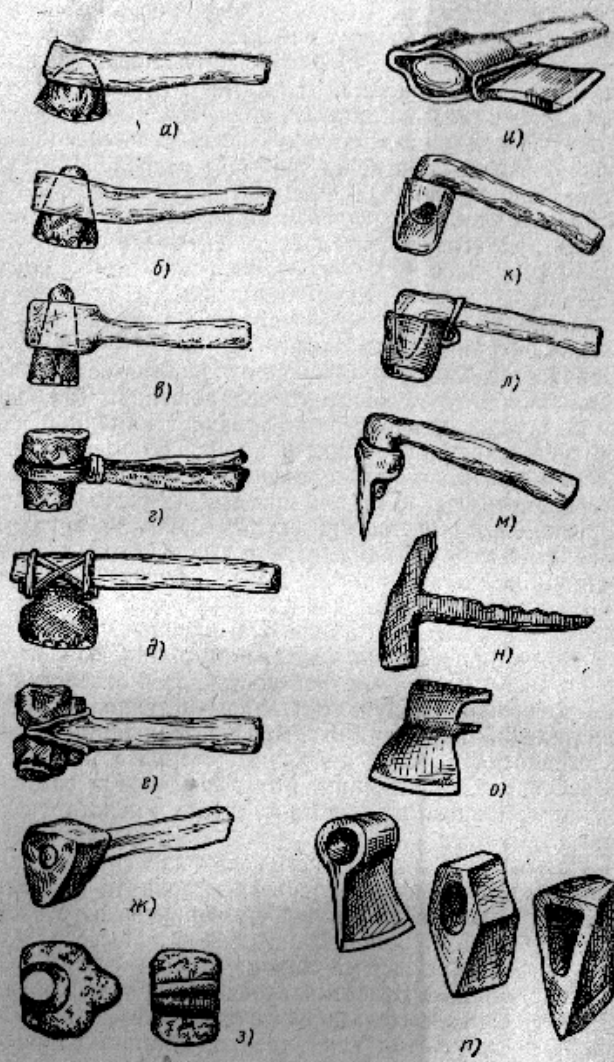
канавок в каменном орудии были разные: одна, более глубокая канавка служила для предотвращения соскальзывания веревки-ленты из кожи или жилы животного с поверхности камня, а другая, менее глубокая канавка обеспечивала совместно с выступом на Т-образном древке фиксацию каменной части орудия. Нетрудно понять, что выступ, входящий в канавку, играл роль своеобразной шпонки, работающей на срез при ударах. Интересное крепление, не правда ли?

Но самое удобное крепление каменного орудия к деревянной рукоятке достигалось с помощью отверстия. К такому, казалось бы, простому решению не сразу пришел человек, оно получило распространение почти повсеместно лишь в неолите — последней стадии многотысячелетнего каменного века.

Однако и в случае применения отверстия оставались еще проблемы, требующие своего решения. Так, при круглом отверстии происходил проворот каменной части орудия вокруг рукоятки, при ударах обработанный под топор или молот камень сдвигался с древка и часто с него слетал. Отверстие в камне трудно было сделать.

Оригинальное крепление было выполнено в каменном веке на топоре, найденном в Айос Мамасе. Здесь мы видим несколько важных конструктивных находок, которые заставляют с большим почтением отнестись к изобретателям каменного века. На обушной части этого топора вместо отверстия сделана открытая выработка, которая позволила совместить достоинство отверстия по удобству крепления рукоятки в нем и технологичность окончательной обработки открытых поверхностей. Овальная выработка имеет коническое сужение с малым углом в осевом направлении, что обеспечивает самоторможение каменного орудия на рукоятке и некоторую его фиксацию от проворота.

Применение меди и бронзы позволило создать крепления, которые невозможно было выполнить из камня. Так, например, медный топор шумерийцев, изготовленный в IV веке до н. э. и найденный на юге Месопотамии, имел профильный гнутый захват, который стягивался вокруг деревянной рукоятки веревкой, проволокой или, возможно, скобой. Нельзя сказать, чтобы это было удачное решение, так как сила отдачи при ударе такого топора действует на место связки и стремится ее ослабить и раскрыть захват древка.



Бронзовые топоры и кельты насаживались на Г-образную рукоятку, а некоторые из них имели даже специальную проушину для привязывания, что повышало надежность крепления. В бронзовом веке применялось крепление и в виде гнутых или лятых лапок — прообраз крепления наших современных лопат.

Стремление повысить надежность соединения ударной части орудия и рукоятки привело к созданию молотка, выполненного вообще без отверстия, но со специальным удлинением для закрепления на деревянной рукоятке. Такие молотки из железа использовали московские ремесленники в начале XVII века. А их железные топоры делались с проушинами или бородками для удлинения опорной части, лучшего распределения сил и предохранения древка от ударов; отверстия были круглой, овальной или треугольной формы.

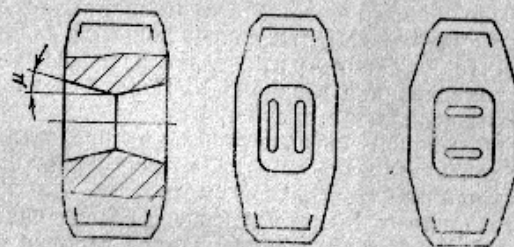
Мы говорили о том, что отверстие обеспечивает простоту и надежность крепления ударной головки к рукоятке. Казалось бы, забей плотно древко в отверстие ударной головки и надежность крепления обеспечена. Но это не приведет к желаемому результату. Есть еще маленькие, но очень важные тонкости.

Во-первых, отверстие в головке молотка должно иметь овальную форму и расширяться от середины к обоим концам. Во-вторых, углы уклонов должны вызывать самоторможение головки на древке. Это выполнимо при условии, когда угол уклона μ меньше или равен углу трения ρ . Между коэффициентом трения f и углом трения ρ существует зависимость $\rho = \arctg f$, из которой можно определить величину угла трения. Если коэффициент трения стали по влажному дереву

Из глубины веков дошли до нашего времени способы крепления ударной части топора и молота к рукоятке:

а — камень неглубоко вбит в древко; б — такое крепление было обнаружено в Швейцарии; в — народ Шингу делал древко с большим утолщением; г — австралийцы обхватывали камень полосой; д — перуанцы привязывали камень с торцевой части; е — племена Северной Америки закрепляли камень сбоку, используя сложную рукоятку; ж — отверстие в каменном орудии; з — крепление топора из Айс Мамаса; и — медный топор шумеряцев; к—м — крепление бронзовых кельтов к рукоятке; н — молоток московских ремесленников; о — проушенный топор XVII века; п — разнообразны формы отверстий у топоров и молотов древности

принять равным 0,34, то $\rho \approx 18^\circ 46'$. Тогда для стального молотка и деревянной рукоятки угол уклона $\mu \leq 18^\circ 46'$, а если дерево сухое, то $\alpha = 26^\circ 34'$. Так выполняется условие, при котором молоток, насаженный на клиновидную часть рукоятки, самотормозится на ней. Однако самоторможение с помощью трения в значительной мере ослабевает при наличии вибраций и ударов, т. е. в процессе обычной работы молотком.



Уклоны в овальном отверстии и распорные клинья надежно закрепляют головку молотка на рукоятке

Для повышения надежности крепления в отверстии головки молотка делают обратный клин. Несколько сдвигаясь по рукоятке в случае ослабления крепления, молоток как бы наползает на ее обратный клин и тем сильнее стопорится. Расклинивание конца рукоятки достигается отдельными клиньями, забиваемыми в рукоятку с торца, которые дополнительно создают большую силу прижима рукоятки к отверстию в молотке. Если клинья деревянные, то угол самоторможения самих клиньев в рукоятке должен быть определен исходя из значения коэффициента трения дерева по дереву. Сказанное о самоторможении трением можно представить на примере наклонной доски с лежащим на ней кубиком. Медленно поднимая за один конец доску, мы тем самым увеличиваем угол ее наклона до тех пор, пока кубик не стронется с места и не начнет скользить вниз. Тангенс угла наклона доски в этом случае равен коэффициенту трения при трогании с места (из состояния покоя). Меньшие значения углов наклона доски будут обеспечивать для данной пары трения условия самоторможения.

Таким образом, для создания обратного расширения конца рукоятки и большей силы прижима к отверстию в ударной головке с целью повышения надежности крепления применяют обратный уклон в отверстии молотка и специальные клинья.

Распорные клинья могут быть расположены в разных плоскостях: в плоскости траектории движения молотка и в перпендикулярной к ней плоскости. А какое же расположение клина лучше? Предлагаем подумать...

Для работы топором и молотком необходим удар. Удар роднит два этих древних инструмента, как и общие конструктивные черты: наличие рукоятки, тяжелой ударной части, проушины или отверстий. Но топор и молоток принципиально отличаются друг от друга. Энергия, сообщенная топору, расходуется на расклинивание, расчленение материала и проникновение в него клиновидного лезвия и всего бойка. При применении же молотка сообщенную ему энергию передают другому телу с возможно наименьшей деформацией последнего или, наоборот, для осуществления некоторой необходимой деформации его поверхности или всего объема. Поэтому ударная поверхность молотка делается плоской, сферической или другой формы, но не в виде лезвия, что позволяет осуществлять запрессовку, высаживание, забивку, расплющивание, чеканку, гибку и прочие операции.

Не каждый молоток или топор эффективен в работе, т. е. не всегда имеет высокий коэффициент полезного действия. Чем ближе к единице отношение полезно затраченной работы ко всей произведенной работе, тем совершеннее конструкция машины, механизма, инструмента. Коэффициент полезного действия является единственным показателем нашего умения не рассеивать энергию или работу зря. Определен он и для таких инструментов, как топор и молот. Оказалось, что каменные проушенные топоры и молоты имели коэффициент полезного действия 0,90, для железных топоров IX—XIII веков он находился в пределах 0,73—0,80 и только в XV—XVIII веках достиг 0,96. Столь высокий коэффициент полезного действия был получен в результате подбора формы не только ударной части, но и рукоятки. Теперь то известно, что коэффициент полезного действия топора тем больше, чем ближе к направлению удара расположен центр тяжести системы ударная часть—ру-

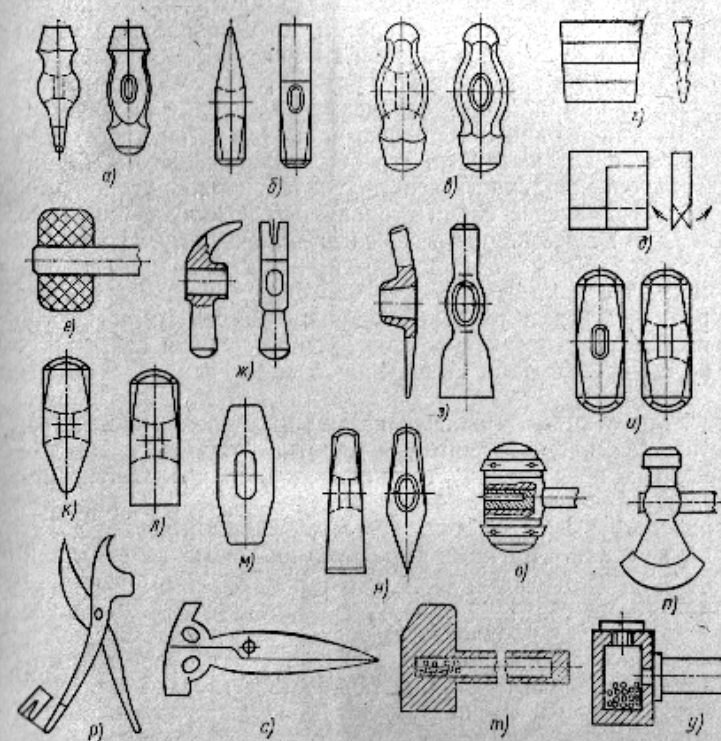
коятка. И, несмотря на это, мы не всегда видим в работе топоры с высоким коэффициентом полезного действия, хотя бы по причине неправильно выполненного изгиба деревянной рукоятки.

Но обратим теперь внимание на высокое значение коэффициента полезного действия каменных орудий. Если его значение так высоко и доходит до 0,90, то и в работе каменное орудие, очевидно, должно быть эффективным. Предположение было проверено на практике группой археологов во главе с С. А. Семеновым, которые, применив каменные топоры, молоты и тесла, срубили ель диаметром 25 сантиметров за 20 минут, а из четырехметрового ствола сосны диаметром 60 сантиметров выдолбили лодку за десять дней.

Но почему же мы уделяем так много внимания топору? Ведь он не является типичным инструментом машиностроителей? Да, это верно, при изготовлении машин топор в настоящее время не применяется. Его лишь вспоминают, когда хотят выразить свою досаду по поводу плохого качества какого-либо изделия, произнося: «Топорная работа!» И очень жаль, ведь топор — древнейшее орудие человека, дожившее до наших времен в относительно неизменной форме.

Если топор в настоящее время практически не используется в машиностроении, хотя и есть кузнечные топоры для рубки разогретого металла, то его древнейшие спутники — молот и молоток еще применяются при изготовлении и ремонте механизмов, станков и машин. Имея разную массу, размер и конструктивные особенности, молот и молоток тем не менее принципиально не отличаются друг от друга, так как в них заложен один и тот же принцип действия. Они просто предназначены для различного рода работ. Интересно, что и названий для них древняя Русь имела немало, например, омлат, млат, молот, кый.

А какие же формы характерны для современных молотков? Познакомимся с ними поближе. Современные молотки в сборе состоят из головки, рукоятки и клина. Головки слесарных стальных молотков могут быть с круглым бойком, квадратным и с круглым бойком и сферическим носком. Ударная часть бойка выполнена по сфере большого радиуса. Носки слесарных молотков имеют различную форму, удобную для специальных работ. Если сферический носок применяют для



Разнообразен по своей конструкции молоток — простейший инструмент ударного действия:

а — круглый боек; б — квадратный боек; в — сферический боек и носок; г — клин с уступами; д — раздвижной стопорный клин; е — «мягкий» молоток; ж — молоток с раздвоенным носком; з — молоток-«кирочка»; и, к, л — кувалды; м — железный молот древности; н — кузнечное зубило; о — киянка; п — молоток-топор; р — молоток-ножницы XVII века; с — молоток-ножницы XX века; т — молоток с шариками; у — «безоткатный» молоток

раскленки, то молотки с клиновидным носком используют для вытягивания, высаживания, расплющивания металла. Для повышения надежности крепления головки к рукоятке делают не только два противоположно направленных уклона в отверстия, но и забивают в торец рукоятки со стороны головки клинья.

Обратите внимание на жесткий клин с зубьями-уступами, напоминающий собой при виде сбоку елочку. Забить такой клин в торцовую часть рукоятки достаточно легко, а вот вытащить его обратно не просто. Отличается оригинальностью и другое стопорное устройство, представляющее собой стальную пластинку с прорезью и двумя клиновидными скосами — по одному на каждой полоске. По мере проникновения в дерево при забивании пластинки эти полоски благодаря скосам начинают раздвигаться в разные стороны, тем самым обеспечивая не только отличное закрепление головки на рукоятке, но и надежное стопорение в ней самого устройства.

Молотки с головками из меди, свинца, пластмасс, так называемые «мягкие» молотки применяют в тех случаях, когда недопустимо повреждение поверхности детали, кромок, образование вмятин, заусенцев, нарушение ее размеров и внешнего вида. Такие молотки делают из стали с мягкими вставками на концах головки или полностью из материала более мягкого, чем материал детали, подвергасмой удару.

Молоток с раздвоенным носком незаменим при плотничко-столярных работах. Изгиб носка и прорезь в молотке необходимы для вытаскивания гвоздей и шурупов из дерева. А вот молоток-кирочка применяется строителями. Отверстие в головке этого молотка имеет обратный уклон по сравнению с плотничьим молотком. При работе носком кирочки возникают большие осевые силы, которые стремятся снять головку с рукоятки. Поэтому в данном случае особенно необходим обратный уклон в отверстиях.

Если масса слесарных молотков 0,05—1,0 килограмма, то масса кузнечных кувалд от 2 до 16 килограммов. Конечно при работе такими кувалдами требуется сильный удар. Но как современная тупоносая кувалда похожа на один из первых железных молотов древности, найденный в районе свайных построек Шотландии и имеющий длину 21 сантиметр.

Рядом мы видим кузнечный инструмент, который можно назвать топором для рубки металла, — это кузнечное зубило для холодной и горячей рубки металлов. В кузнечном деле применяют еще и другие инструменты: пробойники, гладилки, подбойки, обжимки и пр. Не только кузнецы, но и литейщики не обходятся без молотков. Есть среди них и киянка-молоток с деревянной головкой и укрепляющими стальными кольцами, используемый для изготовления песчаных литейных форм и стержней ручным способом.

Все острые углы стальных молотков и кувалд заменены фасками, которые предотвращают образование заусенцев и сколов. При отсутствии фасок деформированный металл отрывается от головки в момент удара, разлетается в разные стороны и может вызвать ранения лица и рук рабочего.

В настоящее время рассмотренные инструменты изготавливают с соблюдением требований стандартов. Например, головки стальных слесарных молотков должны быть сделаны из конструкционной стали 50 или инструментальной стали У8, а также из других сталей, не уступающих им по своим механическим свойствам в термообработанном состоянии и имеющим твердость рабочих поверхностей по Роквеллу HRC 49—56. Клинья необходимо выполнять из малоуглеродистой стали Ст3 или из древесины твердых лиственных пород, а рукоятки изготавливают из граба, клена, рябины, кизила, ясеня, березы, дуба, бука или из синтетических материалов. Надежность соединения головки с рукояткой также оговорена стандартом.

Например, осевая сила, которую выдерживает соединение для молотков массой от 0,4 до 1 килограмма, должна быть не менее 10 ньютон.

Казалось бы, о конструктивных особенностях молотков сказать больше нечего. Но это не так. Молоток часто объединяли для удобства работы с другими инструментами и в первую очередь с топором. Это единство нас, пожалуй, не удивляет, так как при работе и молотка и топора требуется удар. А вот союз молотка и ножниц, выполненный из железа в начале XVII века на Руси, возможно, вызовет удивление. В 1912 г. на молоток-ножницы был выдан английский патент, существование которого ясно из рисунка. По сравнению с археологической находкой сам молоток переместился на ру-

коялки ножниц и стал состоять из двух половинок. Усовершенствованием молотка занимаются и по сей день.

Чего только не изобретают? Делают даже ударную головку и рукоятку с полостями, куда помещают свинцовые шарики или ртуть для увеличения массы молотка при ударе. Появились и «безоткатные» молотки, особенно удобные для работы в космосе, очевидно, для того, чтобы космонавт далеко не улетал от места своей работы после удара молотком, соблюдая при этом третий закон механики и должную производительность.

Много трудных и сложных тысячелетий пережило человечество на пути своего развития с тех пор, как был создан первый молот, молот каменного века.

Однако на фоне ракет, атомных электростанций, высотных зданий, телевидения, станков-автоматов гордо и прочно удерживает свои позиции молот. Молот жив, он нужен, без него не обойтись. Он остался тем же неунывающим работником: веселым чеканщиком и солидным кузнецом, внимательным невропатологом и гуманным хирургом, точным лекальщиком и искусным ваятелем, слесарем-сборщиком, ремонтником, кровельщиком и даже музыкантом. Конечно, таким универсальным «мастером» он стал не сразу. Таким его сделали многие поколения тружеников, чьим талантом форма молота принимала очертания и размеры, наиболее рациональные для условий конкретного труда.

Молот — символ свободного труда — украшает герб первого в истории человечества государства рабочих и крестьян — герб СССР.

РОЖДЕННЫЕ ДЛЯ УДАРОВ

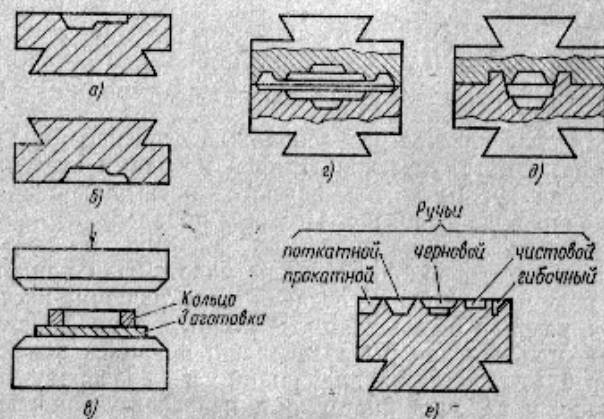
Глядя на изящные формы кузовов современных легковых и грузовых автомобилей, мы, как правило, не задумываемся над тем, каким способом изготовлены эти кузова.

Для производства разнообразных, особенно тяжелых и крупных металлических деталей методами кузнечной обработки нужны удары, намного превышающие по силе удар руки человека. Поэтому понадобились механизмы, использующие внешнюю энергию и превращающие ее в необходимой силы удар. Люди придумали такие механизмы и, отдавая дань ручному инструменту, назвали их молотами. В молотах ручной инструмент — молоток как бы раздвоился: появился исполнительный механизм, накапливающий и преобразующий энергию, и рабочий инструмент, непосредственно передающий энергию удара заготовке. Сохранилось традиционное название части ручного молотка, непосредственно бившей, ударявшей по поверхности заготовки — боек. Масса бойка значительно увеличилась. Появилась целесообразность конструктивно отделить боек от остальных частей молота, сделать съемным, легко заменяемым, чтобы при износе его поверхности не нужно было ремонтировать весь исполнительный механизм молота.

В результате взаимодействия с материалом заготовки гладкая рабочая поверхность бойков становится блестящей. По этой причине ее часто называют «зеркалом» бойка. На рабочей поверхности зеркала можно создавать различные впадины и выступы, образующие фигуру. Под ударами молота металл заготовки, пластически деформируясь, течет, заполняет форму фигуры. Поэтому фигуру часто называют — ручьем. Традиционные названия элементов бойка могут служить ярким примером точности и лаконизма.

В процессековки раскаленную заготовку укладывают на фигуру. Одного или нескольких ударов верхним бойком достаточно для того, чтобы поковка получила

необходимую форму и размеры. Таким образом, появилась возможность их точно и многократно воспроизводить, обеспечивая этим переход к массовому производству одинаковых изделий. Фигуру обычно выполняли на зеркале нижнего бойка. Верхним бойком с гладкой рабочей поверхностью вколачивали нагретый металл в



Современное массовое производство не обходится без штампов:

а — фигура на нижнем бойке; б — фигура на верхнем бойке; в — подкладной штамп; г — открытый штамп; д — закрытый штамп; е — многоручьевой штамп

фигуру на нижнем бойке. Со временем часть фигуры стали выполнять на верхнем бойке, что позволило увеличить производительность труда, появилась возможность изготавливать поковки более сложной конфигурации. Свободная ковка на гладких, открытых зеркалах бойков, результаты которой целиком зависели от умения и сноровки кузнеца, превратилась в кузнечную штамповку в закрытых штампах.

Бойки могут быть плоские, косые, фигурные. С рабочей стороны бойка у них гладкая горизонтальная, наклонная или фасонная поверхность. Другая, противоположная базовая плоскость оканчивается выступом, называемым ласточкиным хвостом.

На ковальном молоте установлены два бойка: верхний и нижний, прикрепленные к подвижной бабе молота

и к подушке неподвижного массивного основания — шаботу с помощью ласточкиного хвоста. Верхний и нижний бойки совмещают по боковым базовым плоскостям и фиксируют с помощью закладных шпонок. Для предохранения от вертикальных перемещений, возможных при ударе подпрыгиваний хвостовики бойков расклинивают, загоняя специальный клин между боковыми поверхностями хвостовика и гнезда.

Существуют так называемые подкладные штампы, которые работают совместно с гладкими бойками. Штамп, имеющий, например, форму кольца, свободно укладывают на нижний гладкий боек и подставляют под удар верхним бойком. Удар верхним гладким бойком — и заготовка загоняется в отверстие кольца, принимая форму диска. Такой штамп называют открытым подкладным штампом. Если форма заготовки более сложная, как, например, у диска с двумя ступицами, то ступицу, выступающую за габарит нижнего открытого подкладного штампа, можно выполнить, применив еще один штамп-кольцо, размещаемое над заготовкой. При ударе верхним бойком оба штампа смыкаются, создавая заготовку пужной формы. Такие штампы называют закрытыми подкладными штампами. Подкладные штампы не укрепляют на бойках молота. Они могут свободно перемещаться по плоскости нижнего бойка. Во время удара молота их удерживают от сползания с бойка с помощью клещей или штанги, прикрепленной к корпусу штампа.

Мы часто наблюдаем, как дети на пляже делают из песка куличи, пользуясь металлическими формами. Наиболее споровистые берут не одну, а даже две формы и между ними сжимают влажный песок. Затем они осторожно раздвигают формы и получают объемный красивый кулич.

Аналогичным образом производят объемную штамповку в штампах из двух разъемных половин, которые в собранном виде создают одну или несколько внутренних полостей, повторяющих контуры детали и называемых ручьями. Если в процессе штамповки избыточная часть металла вытесняется по контуру ручья в виде облоя в специально сделанные канавки, то такие штампы называют открытыми. В закрытых штампах такой канавки или щели нет и металл деформируется в замкнутом пространстве без образования облоя, что более

перспективно для производства, но и более сложно, так как такие штампы сделать сложнее, да и заготовки должны быть точные. На рабочей поверхности штампа иногда делают много ручьев, позволяющих формовать деталь в несколько переходов, перекладывая заготовку из одного ручья в другой. Такие штампы называют многоручьевыми. После удара заготовку из первого ручья укладывают во второй, а на ее место в первый ручей кладут очередную нагретую заготовку и т. д. При ковке в многоручьевых штампах экономится тепло, исключается необходимость дополнительного нагрева заготовки и сокращается времяковки, так как одним ударом молота обрабатываются заготовки во всех ручьях штампа одновременно.

Если необходимо осуществить штамповку сложных и больших по массе заготовок, применяют ковочные прессы. Для работы на прессах используют штампы различных конструкций: разделительные, гибочные, формовочные, дыропробивные, чеканочные и др. Как правило, все сложные штампы состоят из однотипных основных элементов: штамповочных плит, направляющих деталей, пуансонов матриц, держателей, выталкивателей, съемников, амортизаторов различных конструкций, шаговых ножей, упоров фиксаторов, прижимных элементов. Все эти детали выполняют свои, строго регламентированные функции, например, штамповые плиты служат для монтажа на них всех элементов штампа. Штампы изготовляют из инструментальных высокоуглеродистых и легированных сталей, твердых сплавов с соответствующей термической и механической обработкой, чугуна, пластмассы, бетона и даже дерева.

Многие памятники далекой старины, различные изделия, оружие, фрески, рисунки, гравюры, летописи и легенды донесли до нас сведения об искусной работе кузнецов. Из этих сведений ясно, что еще в далеком прошлом люди не представляли себе обработку металлов ковкой без применения нагрева. Нагрев увеличивает пластичность металлов и снижает сопротивление деформированию. Во многих случаях без нагрева металла невозможно получить высококачественную и точную деталь. Если раньше нагрев осуществляли «на глазок», используя накопленный опыт, то теперь применяют глубокие знания науки материаловедения, общепризнанным основоположником которой является наш соотече-

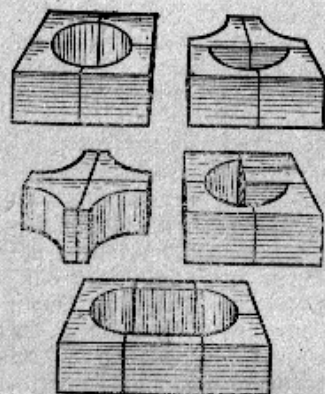
ственик Д. Н. Чернов. В 1868 году Д. Н. Чернов установил критические точки превращений в стали. Важность этого открытия и теперь трудно переоценить.

Установлены четкие температурные интервалы нагрева заготовок, подвергаемых обработке давлением. Нагрев особенно крупных заготовок широко применяют на современных заводах при осуществлении кузнечно-прессовой обработки. Но в некоторых случаях обходятся и без нагрева. Все зависит от конкретных условий, материалов, формы изделия, рациональности затрат и, конечно, от технологии. Одни штампы обрабатывают холодную заготовку, а другие — горячую.

Штампы достаточно сложны по своим конструктивным особенностям, габаритным размерам и используемым материалам. Масса некоторых из них доходит до 60 тонн! Это очень дорогие инструменты, но и они выходят из строя из-за поломок отдельных частей и износа. Каждый штамп предназначен для обработки одинаковых по форме и размерам деталей. Поэтому если возникает необходимость изменить в детали хотя бы один размер, то делают новый штамп. Дорого и трудоемко! Вот если бы штамп можно было бы видоизменить, настраивать на обработку разных по размерам и форме деталей, сделать инструмент универсальным. Возможно ли это?

Рабочим, заслуженным изобретателям РСФСР В. М. Богдановым был создан универсальный штамп, состоящий из отдельных элементов, разработаны способы их крепления и сборки, созданы универсальные наборы. Из этих наборов и формируется необходимый штамп. Теперь не надо делать для каждой детали свой штамп, что весьма трудоемко и дорого по затратам высококвалифицированного труда и расходу ценных материалов. Можно выбрать из набора необходимые элементы и составить необходимый инструмент. Просто и оригинально! Такой универсальный штамп в 10 раз уменьшает стоимость изготовления деталей в мелкосерийном производстве и дает большую экономию. Например, для штамповки 12 000 разных типов деталей понадобилось всего несколько наборов универсальных штампов. Без них пришлось бы сделать более 4500 специальных штампов, израсходовать 180 тонн инструментальной стали и «потерять» на этом свыше 200 тысяч рублей.

Но вернемся снова на пляж к детям. На этот раз обратим свое внимание на пустотелые резиновые игрушки и мячики, а не на жесткие формочки из железа или пластмассы. В принципе эти красивые игрушки могут служить штампами. Не ошибка ли это? Как может резиновый пустотелый мячик,



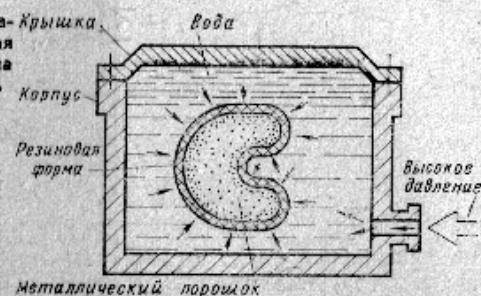
Путем соответствующего выбора, перестановки и закрепления отдельных элементов можно легко получать разнообразные фигуры, что положено в основу универсальных штампов

например, стать инструментом? Благо, если бы мячик был сделан из твердой стали, тогда этим уже не мячиком, а шаром можно было бы куда ни шло, выдавливать в металле лунки. Но, ведь мячик и другие игрушки резиновые. Это и есть то, что нам нужно! Если теперь во внутреннюю полость такой игрушки засыпать не морской песок, а металлический порошок из титана, молибдена, вольфрама или из других металлов, а затем быстро и равномерно сдвинуть со всех сторон, то в результате порошок превратится в твердый монолит, повторяя внутренние контуры резиновой игрушки. Для равномерного всестороннего сжатия резиновую игрушку или эластичный штамп по-

гружают в воду или в машинное масло, а затем создают большое давление с помощью ударных волн. Эластичный штамп нужен не только для того, чтобы деформироваться под действием давления, но и для придания порошку требуемой формы.

Причем эластичный штамп не должен деформироваться под действием порошка, чтобы не исказились размеры будущей отштампованной детали. Изготовление эластичного штампа не представляет особых трудностей: объемную деталь делают из воска, затем покрывают тонким слоем жидкой резины. После застывания резины форму нагревают и выплавляют из нее воск. Теперь форма готова — можно во внутреннюю полость засыпать порошок тонкой дисперсии.

Оказывается и эла-
стичная резиновая
оболочка способна
стать инструментом



Иногда штампы делают даже из сплава Вуда. Вспомните опыт на уроке физики, когда ложечка растворяется, а точнее расплавляется в стакане с горячим чаем. Немудрено расплавиться этой ложечке, если она отлита из свинца, олова, висмута и кадмия — сплава, имеющего температуру плавления около 70°C . Оказывается и такие легкоплавкие и непрочные штампы из сплава Вуда могут немножко поработать и отштамповать несколько деталей, после чего штамп нагревают и он растворяется, чтобы снова возродиться из этого же сплава, но в виде другого штампа для обработки других деталей.

Созданы машины дляковки заготовок, лежащих на наковальне. Таких машин для осуществления ударного действия много, они весьма разнообразны по своей конструкции и принципу действия, но все относятся к кузнечно-прессовому оборудованию.

К инструментам, использующим при работе силу удара, относятся пневматические молотки: клепальные, отбойные, чеканочные, перфорационные, трамбующие. Они предназначены для работы с различным инструментом: зубилом, чеканом, головочником, перфоратором, трамбовкой. Все эти инструменты очень похожи на слесарные ручные инструменты, но имеют хвостовики специальной конструкции для надежного крепления к механизму, создающему удар.

Ручной молоток или мощный машинный молот, или пневматический переносной молоток — все совершают полезную работу, послушные крепкой трудовой руке рабочего человека.

РАБОТАЮЩИЕ МГНОВЕНИЕ

В настоящее время получает распространение новый метод штамповки — штамповка взрывом. Этот метод обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами механического воздействия. Взрыв прежде всего исключает необходимость применения крупногабаритного, мощного, дорогостоящего молота или прессы. Стоимость обработки детали сокращается до минимума, так как отпадает надобность в дорогостоящем оборудовании, помещении, оснастке, уменьшаются затраты времени на подготовку производства. В большинстве случаев требуется только одна часть штампа — матрица.

Детали, изготовленные таким методом, обладают высокой точностью с четкими радиусами скруглений и рельефом. Копирование рельефа получают настолько высококачественное, что линия от карандаша, проведенная на поверхности полированной матрицы, отпечатывается на детали. Следует отметить, что принципиальных препятствий, ограничивающих размеры штампуемых взрывом деталей, нет. С помощью взрыва штампуют, например, днища цистерн диаметром до трех метров, развальцовывают трубы паровых котлов.

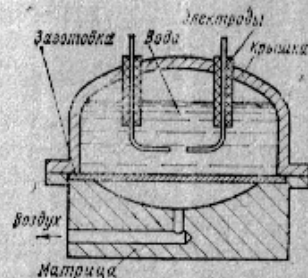
Что же представляет собой инструмент для штамповки взрывом?

При штамповке взрывом отсутствует пуансон, а есть только матрица. Функции пуансона (инструмента) выполняет среда, в которой произведен взрыв и в которой с большой скоростью распространяется ударная волна. В данном случае это вода. Она непосредственно воздействует на заготовку и ее деформирует, вдавливая в матрицу.

Своеобразные условия работы матриц при взрыве позволяют их изготавливать из стального или чугуниного литья, а также из неметаллических материалов: бетона, железобетона, дерева, эпоксидных компаундов, стеклопластиков и даже из дерева. Для изготовления круп-

ногабаритных деталей часто используют железобетонные матрицы, облицованные эпоксидными смолами, фибристыми пластиками, стеклотканью. Иногда бетонную матрицу помещают в стальной корпус. Для изготовления матриц, в которых взрывом получают изделия из высокопрочных сталей толщиной листа до 13 мм и диаметром до 3 м, иногда используют лед. Такие матрицы легко изготовить и отремонтировать. Ледяные матрицы нельзя использовать для штамповки нагретого металла. Их неудобно хранить — нужны холодильные камеры. Однако простота изготовления и дешевизна инструментов из льда оправдывают их использование во многих случаях, когда применение других материалов может оказаться невозможным или неэффективным. С помощью ледяных матриц получают достаточно точные детали. Вспомните, как лопаются водопроводные трубы и стеклянные бутылки при замерзании в них воды или выходят из строя радиаторы автомобилей, а иногда даже появляются трещины в металлических блоках цилиндров двигателей. Все это — физическое свойство воды расширяться при замерзании. И если идти вопреки этому физическому свойству и заключить охлаждаемую воду в замкнутый объем, то возникнут колоссальные силы с малоприятным конечным результатом. Для этого достаточно на матрицу положить заготовку, накрыть ее герметичной и прочной выпуклой крышкой, затянуть болты, не забыв залить под крышку воду, и охладить. Остальное понятно — уже не покорная, журчащая вода, а мощный пресс и сформированный в процессе деформации инструмент без шума и суеты штампует заготовку, превращая ее в деталь высокого качества. К тому же получился и ледяной инструмент, который можно использовать как самостоятельную матрицу.

Если жидкий азот, имеющий температуру кипения $195,8^{\circ}\text{C}$, впрыснуть в закрытое пространство между листовой заготовкой и крышкой камеры, то он практически мгновенно испарится. Так как из одного литра жидкого азота получается при комнатной температуре почти 690 литров газа, то в замкнутой камере возникает большое давление с ударным действием. В данном случае уже не вода, а газ служит деформирующим телом-инструментом. Дальнейшие исследования показали, что в воде жидкий азот испаряется еще быстрее, чем в воз-



Под действием ударной волны, порожденной электрическим разрядом, вода непосредственно воздействует на заготовку и деформирует ее по форме матрицы.

Рассмотрим очень интересное явление электрогидравлический эффект, в результате которого развиваются большие давления в жидкости и высокие температуры разряда. По последним данным науки в воде создаются ударные волны большой силы. Если на пути такой мощной ударной волны поместить даже очень прочный материал, то он может быть легко деформирован. Конструкторы и изобретатели использовали ударное действие электрогидравлического эффекта для создания промышленных установок.

Металлический лист укладывают на специальную матрицу, рабочие поверхности которой повторяют форму изделия. Затем укрепляют с другой стороны листа крышку с рабочей камерой и электродами, которую заполняют водой. Импульсный разряд, удар и металлический лист практически мгновенно принял форму металлической матрицы. Деталь готова! Иногда еще требуются дополнительные технологические операции, уже не связанные со штамповкой, как это видно на примере получения металлической посуды. Привычного механического инструмента, которому сообщается кинетическая

Электрогидравлический удар используется при очистке отливок от остатков формовочных смесей и выбивке литейных стержней. В ряде отраслей промышленности применяют электрогидравлическую развальцовку, крепление и сварку труб в решетках теплообменных аппаратов, а также калибровку деталей из трубчатых заготовок.

РЕЗЕЦ

Если мы откроем толковый словарь русского языка под редакцией Д. Н. Ушакова, то в нем найдем следующее определение слова «клин»: «Заостренный книзу и расширяющийся кверху кол, кусок дерева или железа, употребляемый для расщепления, раскалывания дерева». В словаре же, составленном С. Н. Ожеговым, описание клина более краткое и не содержит смысловой нагрузки на область применения или частного указания на округлость формы предмета из-за слова «кол». По С. Н. Ожегову клин представляет собой «заостренный с одной стороны кусок дерева, железа». Мы не будем здесь останавливаться на других понятиях этого слова, приведенных в словарях, так как они непосредственно не связаны с существом нашего рассказа. Выделим главное — клин характеризуется заострением.

Заострены в виде клина клыки и когти, зубы, клювы, бивни и шипы. Им подражают примитивные орудия — отщепы первобытного человека, более совершенные топоры-колуны, наконечники стрел и ножи, а также древнейшие и современные инструменты для обработки материалов. Многообразие назначения клина подчинено единому принципу действия и, в целом, характеризуется обобщенной одинаковой формой. Все это является следствием замечательных свойств клина.

Проведем простой опыт. Поместим три чертежные кнопки между двумя одинаковыми деревянными дощечками. Для устойчивости верхней дощечки кнопки расположим по воображаемым вершинам равностороннего треугольника. Теперь поставим сверху гирю. Большое давление на острие кнопки приводит к ее вдавливанию в дерево. В этом легко можно убедиться, разобрав конструкцию. Все три кнопки оказались закрепленными в верхней дощечке, а не в нижней.

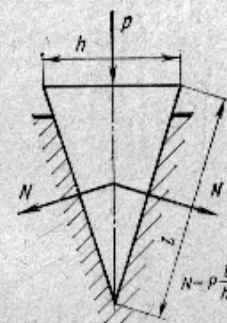
Опыт с кнопками позволяет сформулировать важное свойство клина — развивать на вершине высокие дав-

ления. Но, ведь клыки, когти, бивни, колючки, наконечники копий и стрел, мечи, ножи и, наконец, резцы также представляют собой клинья. Значит, и на их вершинах должны развиваться высокие давления.

Твердый и прочный резец — тоже клин. Он не только вдавливается в стальную заготовку, но и снимает с нее стружку. В чем же причина? Дело в том, что для эффективной работы клина одного удельного давления, даже очень высокого, здесь недостаточно. Клин должен быть тверже и прочнее обрабатываемого материала.

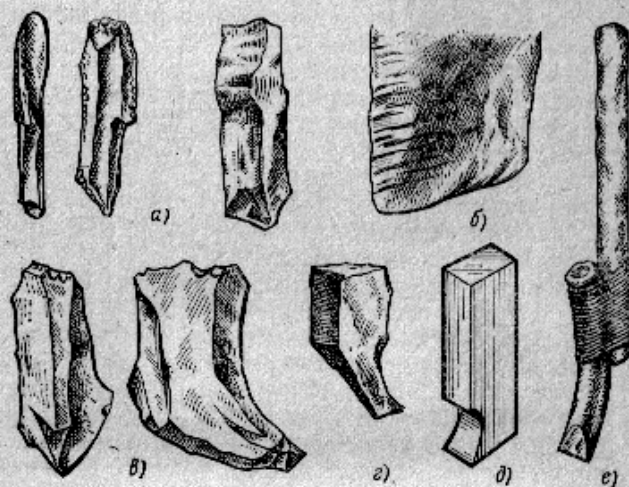
У клина есть еще одно замечательное свойство — способность раскладывать приложенную к нему осевую силу на составляющие. Соотношение между осевой силой и составляющими зависит от угла заострения клина. Чем меньше угол заострения, тем легче ввести клин в материал. Действительно, чем острее клин, тем легче его ввести в колоду, расслоить материал и снять резцом металлическую стружку. Однако такое уменьшение угла заострения возможно до определенного предела и ограничивается прочностью материала клина и эффективностью разложения сил. Наши далекие предки эмпирически нашли наиболее рациональный угол заострения клина с учетом материала резца и материала, подлежащего обработке. Посмотрите на кремневые резцы позднего палеолита из Мезина, Тимоновки, на клювовидные резцы с острова Мальта и из Мезина, на костяной резец бороро из Южной Америки. Как они похожи на простейший современный резец формой и выбранным углом заострения клина!

Большие трудности связаны с установкой клина-резца относительно обрабатываемой поверхности, так как не при любой его установке снятие стружки будет эффективным. Если клин ориентирован относительно обрабатываемой поверхности правильно, то процесс ре-



Секрет клина очень прост — он заключается в способности раскладывать приложенную к нему силу на составляющие, вызывая тем самым расклинивающее действие, и создавать высокое давление на острие

зания будет осуществляться легко, стружка будет скользить по обращенной к ней поверхности резца, а другая его поверхность, обращенная к уже обработанной поверхности детали, так называемая задняя поверхность резца, на большей своей части не будет соприка-



Резцы из Мезина (а), Тимоновки (б), с острова Мальта (в), клювовидный из Мезина (г), современный резец (д), костяной резец племени бороро (е)

саться с обработанной поверхностью и вызывать трение и деформацию. При пересечении передней и задней поверхностей образуется режущая кромка инструмента.

Для эффективного ведения процесса резания важно рационально выбрать не только угол заострения клина, но и правильно расположить его поверхности относительно обрабатываемой заготовки. Для строгого определения положения клина относительно детали введены передний и задний углы, обозначаемые символами γ и α . Передние и задние углы играют исключительно важную роль. Без правильного их выбора невозможно эффективно осуществлять обработку.

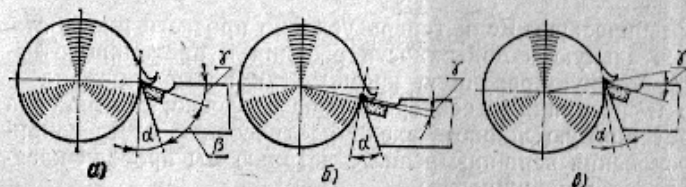
Если резец подвести к цилиндрической детали, то главная режущая кромка резца начнет снимать стружку, образуя поверхность резания, в данном случае ци-

линдрическую. Если теперь условно провести плоскость, касательную к поверхности резания и проходящую через главную режущую кромку, так называемую плоскость резания, то ее пересечение с плоскостью рисунка даст прямую линию — след. Фактически в месте соприкосновения вершины резца с деталью мы провели касательную к окружности.

При этом получается угол между задней поверхностью резца и плоскостью резания так называемый задний угол α .

Не более сложно дело обстоит и с передним углом. Ключом для его определения также является плоскость резания, перпендикулярно к которой и опять-таки через главную режущую кромку проводится плоскость. В плоскости нашего рисунка эта плоскость оставит след в виде прямой линии, перпендикулярной к уже проведенной касательной и проходящей через вершину резца и центр детали. Угол между этой плоскостью, а на чертеже линией и передней поверхностью и есть передний угол γ . Угол заострения — угол между передней и задней поверхностями резца, передний и задний углы в сумме составляют 90° , так как заключены между двумя взаимно перпендикулярными плоскостями. При этом величина переднего угла находится в пределах $0-30^\circ$ и в основном зависит от свойств материалов детали и инструмента. Обработка более прочных и твердых материалов требует малых передних углов. Исключительно важным является и правильный выбор величины заднего угла, уменьшающего трение между задней поверхностью резца и поверхностью резания. Обычно его принимают в пределах $5-15^\circ$.

Резец к детали можно подвести по-разному. Например, вершина резца может быть установлена на уровне оси детали, ниже ее или выше, что весьма часто случается на практике. При расположении вершины клина резца ниже центра детали задний угол α увеличивается, а передний γ уменьшается. Если же вершина клина будет установлена выше центра детали, то, наоборот, передний угол возрастет, а задний уменьшится. Уменьшение величины заднего угла α очень опасно, так как задняя поверхность резца начнет давить и тереться о деталь, инструмент разогреется, эффективность и качество обработки, а также износостойкость резца резко уменьшатся. Изменение этих углов происходит не толь-



Передние и задние углы резца изменяются в зависимости от его установки на станке относительно детали: вершина резца установлена на уровне оси детали (а), ниже ее (б) и выше (в)

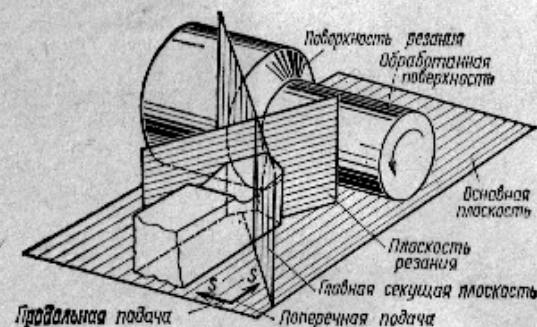
ко при наружном точении, но и при расточке отверстий. Но здесь наблюдаются противоположные закономерности.

Если мы теперь решим, что углы полностью обнаружены, и всегда будут «под рукой», то совершим по отношению к ним непростительную ошибку. Помимо того, что они неведимки, они любят еще и прятаться и раскрываются лишь после определенного поиска и труда. Посмотрите на токарный проходной резец. Где эти углы? Где их искать. Ведь появились новые поверхности и кромки, которых не было на элементарном клине-резце и, значит, дело усложнилось. Так просто их теперь не найдешь, не определишь и необходимы последовательные действия, приближающие к цели. То есть сначала следует найти одно, затем другое и, наконец, нужное третье.

Перед нами проходной токарный резец для наружного точения. Прежде всего его надо правильно расположить в пространстве. Очевидно, проще всего положить резец на горизонтальную плоскость и считать, что эта часть дела выполнена. Но это решение будет неприемлемым несмотря на то, что станки при установке стараются выверять в горизонтальной плоскости. Выберем за основу более универсальную плоскость, положение в пространстве которой определяется двумя характерными для резания векторами. Это будет основная плоскость. Основной плоскостью называют плоскость, проходящую через рассматриваемую точку режущей кромки перпендикулярно к вектору скорости главного движения.

Найдем теперь не просто режущую кромку, а главную режущую кромку. Она образована от пересечения

передней поверхности с главной задней поверхностью резца и непосредственно совершает главную работу — съем припуска с детали. Вполне очевидно, что раз есть главная режущая кромка, то должна быть и ее подчиненная — вспомогательная режущая кромка, которая образуется от пересечения передней поверхности со вспомогательной задней поверхностью. На долю главной режущей кромки выпали наибольшие трудности,

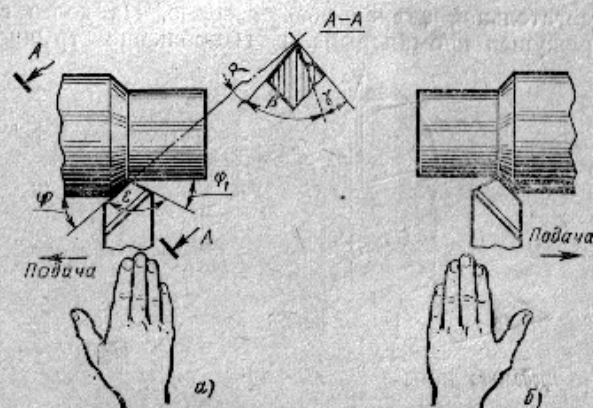


С определения этих поверхностей и плоскостей начинается наука о резцах

потому что она всегда впереди, а вспомогательная режущая кромка располагается за ней и как бы «подчищает» огрехи в работе. При этом было бы ошибкой считать, что главная режущая кромка находится всегда с левой стороны головки резца, если смотреть на него сверху. Она может быть и с правой стороны, если резец должен снимать стружку при осевой подаче слева направо. Положите на такой резец ладонь левой руки, и тогда отведенный большой палец укажет направление осевой подачи и подскажет название резца — левый. Аналогичным образом, только по правой руке, определяется правый резец.

Вспомогательная режущая кромка составляет с главной режущей кромкой угол, который называется углом при вершине ϵ . Этот угол зависит только от заточки инструмента. Зато величины двух смежных с ним углов — главного угла в плане ϕ и вспомогательного угла в плане ϕ_1 зависят и от заточки и от установки резца. При малом главном угле в плане ϕ в работе участвует боль-

шая часть главной режущей кромки, улучшается отвод тепла, повышается стойкость инструмента, но возникает сила, отжимающая дегаль от резца. Очень малая величина вспомогательного угла в плане, $\phi_1 < 10^\circ$ приводит к врезанию вспомогательной режущей кромки в обработанную поверхность и к ухудшению ее качества.



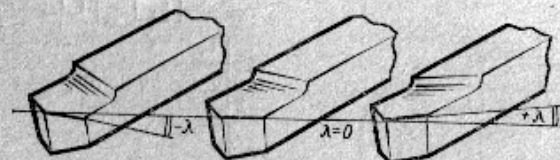
Токарные проходные резцы бывают правые (а) и левые (б) в зависимости от положения главной режущей кромки и направления продольной подачи

Углы ϵ , ϕ и ϕ_1 в сумме составляют 180° и все они измеряются не между самими режущими кромками и направлением продольной подачи резца, а между проекциями этих кромок на основную плоскость и направлением подачи.

Изображение головки резца только на основной плоскости не позволяет представить положение главной режущей кромки в пространстве.

Если посмотреть на резец со стороны его вершины, мы сразу увидим, что главная режущая кромка не обязательно должна быть параллельна основной плоскости и может составлять с ней некоторый угол λ . Этот угол равен нулю, если главная режущая кромка параллельна основной плоскости, становится положительным, если вершина является самой нижней точкой режущей кромки, и принимает отрицательные значения, когда вершина лежит выше всех других точек режущей кромки. От

правильного выбора этого угла зависит направление схода стружки с передней поверхности резца и условия работы его вершины. Так, при положительном угле наклона режущей кромки вершина вступает в соприкосновение с заготовкой позже всех других точек кромки и поэтому лучше защищена от ударов. Главная секущая плоскость проведена перпендикулярно к плоскости

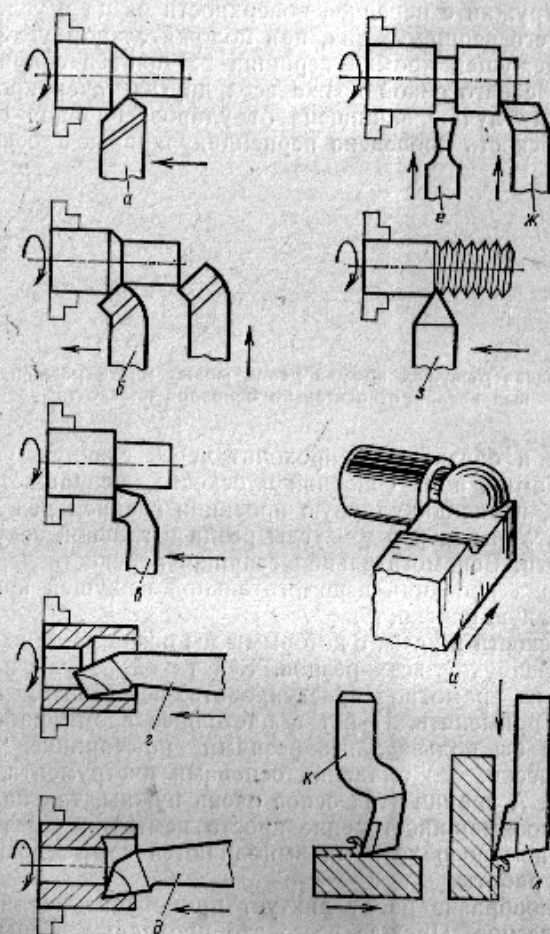


Главная режущая кромка резца может иметь различный наклон относительно основной плоскости

резания и обязательно проходит через главную режущую кромку, а на основной плоскости превращается в прямую, перпендикулярную проекции главной режущей кромки. Углы α , β и γ — углы резца в главной секущей плоскости. Вспомогательная секущая плоскость перпендикулярна проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость.

Плоскости и углы, с которыми мы познакомились, являются азбукой всех резцов. Без такой азбуки невозможно их грамотно спроектировать, изготовить, заточить и применять. И нет в настоящее время рабочих, которые бы пользовались резцами по-старинке, чисто эмпирически, без владения основами инструментального дела. А знания этих основ очень нужны, так как современное машиностроение просто немыслимо без резцов, с помощью которых выполняются самые разнообразные работы.

Разнообразие работ диктует применение различных типов резцов. Прежде всего это проходные резцы, которые могут быть прямые, отогнутые и упорные. Они предназначены для наружного точения цилиндрических деталей, подрезки торцов и снятия фасок. При этом отогнутые резцы получили наиболее широкое применение из-за своей универсальности, жесткости и возможности вести процесс резания в менее доступных местах. Обработку отверстий осуществляют расточными резца-



Типы резцов:

а — проходной прямой; б — проходной отогнутый;
в — проходной упорный; г — расточной проходной;
д — расточной упорный; е — отрезной;
ж — подрезной; з — резьбовой; и — фасонный;
к — строгальный; л — долбежный

ми — проходными и упорными. Чем меньше диаметр отверстия и больше его глубина, тем меньше сечение расточного резца и длиннее его стержень. От этого расточные резцы становятся нежесткими, склонными к вибрациям.

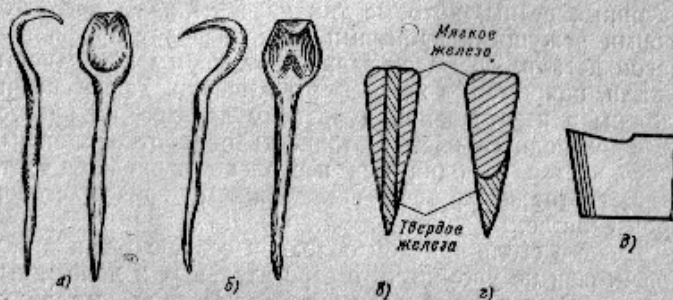
Для отрезки детали от заготовки или резки прутков и болванок служат отрезные резцы. Для обточки плоскостей, перпендикулярных к оси вращения детали, используют подрезные резцы. Нарезание резьб требует применения резьбовых резцов со специальной заточкой, соответствующей профилю будущей резьбы. И, наконец, фасонные резцы, которые так названы из-за того, что своими режущими кромками воспроизводят профиль — фасон детали. Ее фасон зависит от формы поверхности детали, например, в виде сферы и шейки. Такие резцы сложны в изготовлении и поэтому дорогие, но простота, производительность и точность обработки сложных поверхностей за один или несколько проходов часто делают этот инструмент незаменимым при массовом производстве.

Даже в столь кратком описании основных типов резцов нельзя не упомянуть о строгальных и долбежных резцах. Строгальные резцы работают в весьма тяжелых условиях. Их часто делают изогнутыми, чтобы при обратном холостом ходе резец свободно скользил по обрабатываемой поверхности, не врезался в нее и не ухудшал качества. Если же посмотреть на долбежный резец, то сразу можно и не разобраться, где у него передняя поверхность, а где задняя. Но стоит представить его совместно с деталью, как все сразу становится ясным. Долбежный резец похож на расточной упорный резец, хотя и предназначен для долбления пазов, канавок, уступов, а не для обработки цилиндрических поверхностей.

Процесс резания осуществляют при определенных режимах, элементами которого являются скорость резания, глубина резания, продольная и поперечная подачи. Выбирают правильный режим резания по справочным таблицам и формулам с рядом специальных коэффициентов. Определенные в результате таких расчетов режимы воплощаются в конкретные перемещения инструмента и заготовки механизмами станка. Перемещение инструмента механизмами станка. Как сейчас просто звучит эта фраза. Теперь мы даже себе не пред-

ставляем, чтобы во время обработки рабочий держал резец в руках, прижимал его к вращающейся заготовке и таким образом снимал необходимый припуск. А ведь когда-то в глубокой старине другого способа не существовало и суппорта, к которому так привыкли современные станочники и считают его присутствие на станке вполне обычным явлением, не было и в помине.

Посмотрите, какие оригинальные клювовидные ручные резцы применяли московские ремесленники в самом начале XVII века. Правда, они мало чем отлича-



Мастера древней Руси часто делали свои инструменты слоистыми — из материалов разной твердости и износостойкости: а — резцы московских ремесленников XVII века; б — резцы новгородцев IX—X веков; в — трехслойный инструмент древней Руси; г — инструмент древней Руси с приваренным твердым острием; д — резец А. М. Игнатьева

лись от резцов IX—X века новгородцев, умевших выковать их из нескольких слоев железа разной твердости. Такими были у них резцы, ножи, разнообразный инструмент, орудия, и, конечно, мечи.

При этом трудно представить себе удивление современных металлургов, инструментальщиков и археологов, когда поперечное сечение клина предстало перед ними на шлифе в поле зрения микроскопа не сплошным, а состоящим из двух материалов — мягкого железа и термообработанной стали, соединенных посредством кузнечной сварки. Клинок был похож на трехслойный пирог, средний слой которого был упругим и имел твердость закаленной высокоуглеродистой инструменталь-

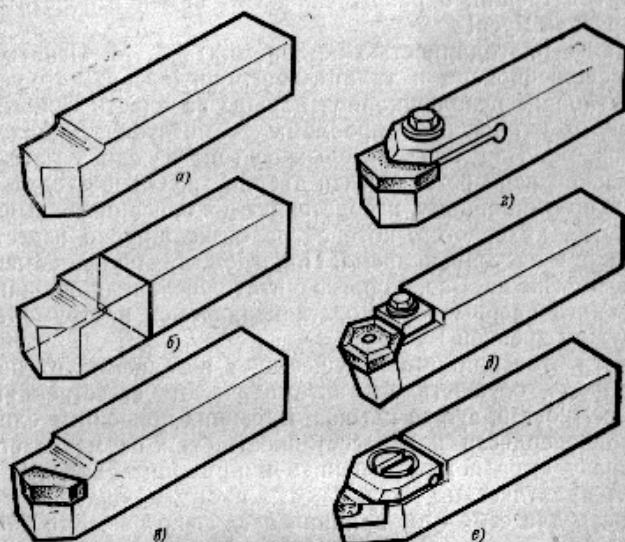
ной стали, а два других слоя представляли собой мягкую малоуглеродистую сталь. При его работе боковые слои изнашивались быстрее прочной и твердой сердцевины, что приводило к автоматической самозаточке клина и, к тому же, защищало средний слой от ударов, развития трещин и разрушения. Вот вам и изобретатели древней Руси!

Как с благодарностью не вспомнить А. М. Игнатьева, революционера и талантливого инженера, который в обстановке революционной борьбы за власть Советов приходит к решению проблемы самозатачивающихся резцов, рабочая часть которых состоит из слоев металла разной износостойкости и твердости. Он приходит к столь оригинальному изобретению до описанного выше открытия археологов, которое не столь широко известно даже в настоящее время. Полагаем, что не ошибемся, если многие из Вас, дорогие читатели, узнали из данной книги впервые о самозатачивающемся инструменте и оружии древней Руси.

Хотя этот принцип и существует независимо от нас в природе, осуществляя автоматически естественную заточку когтей, зубов, клыков, имеющих покровные слои разной твердости и износостойкости, тем не менее его не сразу смог понять, оценить и применить человек в своей практической деятельности и ему пришлось открывать для себя этот принцип несколько раз. Кто знает, может быть мы когда-нибудь будем восторгаться новейшими изобретениями, не ведая об их известности в прошлом?

Но вернемся к суппорту. Изобретателем суппорта или механической «держалки» инструмента стал в начале XVIII века талантливый механик А. К. Нартов, построивший много сложных станков и механизмов, до сих пор поражающих специалистов своей исключительной оригинальностью и отработанностью форм. Вслед за этим в 1794 г. английский механик Генри Модсли сконструировал так называемый крестовый суппорт, который имел две подвижные взаимно перпендикулярные каретки. Благодаря этому укрепленный на верхней каретке резец мог передвигаться с помощью винтов по независимым друг от друга направлениям — вдоль оси вращающейся заготовки и перпендикулярно к ней. С изобретением суппорта станок стал рабочей машиной, и оказалось возможным создание резцов нового

типа с точной геометрией и четко определенными теоретическими и практическими параметрами. Наконец, благодаря суппорту родилось понятие основной плоскости как стабильной базы для всех определений и построений, связанных с инструментами.

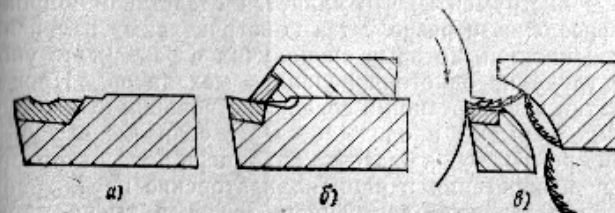


Резцы:

а — цельный — из одного материала; б — сваренный — из двух металлов; в — с припаянной пластинкой; г — с механически закрепленной пластинкой; д — с поворотной пластинкой; е — с алмазной вставкой

Итак, резец был установлен на суппорте. С этого момента и началась его новая история. Он стал не ручным инструментом, а машинным: строгим по геометрии и форме и разнообразным по существу выполняемых работ. Сначала машинный резец делали полностью из инструментальной стали. Потом поняли, что слишком дорого изготавливать режущую часть и державку из одного материала. Собственно говоря, новизны здесь не было — вспомним хотя бы сварной инструмент Руси IX—X веков, у которого державка была из мягкого железа, а головка с режущей кромкой была выполнена из

высокоуглеродистой закаленной стали. Мастерские древности делали такими даже молотки, зубила, ножи и лемеха для вспашки земли. С появлением в наше время высокопрочных и износостойких пластинок из

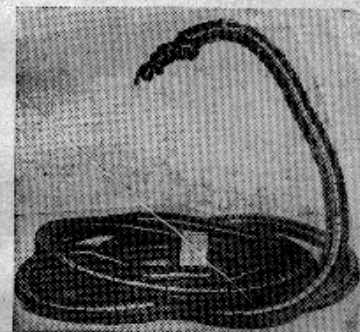


Не так-то просто справиться со стружкой во время обработки:

а — резец с канавкой; б — со стружколомом; в — с экраном для ломки стружки

твердого сплава, керамики, а также искусственных алмазов изменился и резец. Пластины и кристаллы стали припаивать или крепить механическим путем к головке резца, делать сменными и поворотными с фиксацией в требуемом положении.

Не осталась без внимания и передняя поверхность резца, по которой сходит стружка. На ней появились специальные канавки, накладные стружколомы и даже нависающие над ней экраны, предназначенные для дробления стружки. Это необходимые мероприятия, так как стружка не всегда рассыпается на мелкие кусочки, а бывает сливной. Длина такой сливной стружки может достигать нескольких метров, что, безусловно, представляет значительную опасность для рабочего и создает большие трудности ее



От этой пятиметровой стружки — настоящей «анаконды» в цеху одни неприятности

удаления со станка и транспортировки в компактном виде из цеха.

Резец является одним из самых распространенных инструментов. Пожалуй, им можно заменить многие другие инструменты, что является следствием широкой универсальности резца и тех конструктивных изменений и особенностей, которые он получил в результате упорного труда не одного поколения механиков. Процесс создания новых резцов и совершенствования существующих непрерывно продолжается. И если раньше были «свои» резцы, «своя» заточка, то теперь полезные разработки, изобретения и рационализаторские предложения быстро становятся достоянием десятков тысяч производителей с указанием, конечно, имен авторов. Нередко резцы получают имена своих создателей, например, резец Колесова, канавка или выкружка Быкова.

ИНСТРУМЕНТЫ, РОЖДЕННЫЕ КЛИНОМ

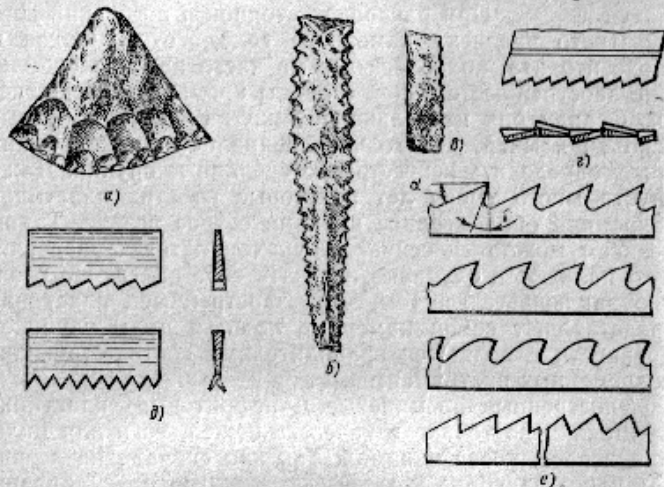
При раскопках стоянок и поселений первобытного человека каменного века, относящихся к эпохе неолита, археологи весьма часто находят небольшие заостренные с одной стороны кремниевые пластинки. С виду они настолько похожи на обычные острые осколки камней, что только специалист сможет в них сразу определить искусственно сделанные орудия. Даже спустя много тысяч лет некоторые из этих пластинок сохранили обработанное на клин острое лезвие. Таким лезвием можно и сейчас с успехом обточить деревянную палку или случайно порезать себе палец. Но главное заключается в том, что заостренные пластинки представляют собой каменные ножи и пилы глубокой древности и являются прародителями соответствующих современных инструментов.

Заостренные кремниевые и нефритовые пластинки применяли не только в качестве ножей, но и для пиления дерева, кости и камня. Так как сначала их лезвия были без зазубрин, то эффект достигался от абразивных зерен, которые царапали обрабатываемый материал, а после затупления выпадали, обнажая новые зерна этой примитивной пилы. Иногда в канавку пропила подсыпали дополнительно песок и подливали воду.

Не у всех народов пиление осуществлялось каменным инструментом. Народы Юго-Восточной Азии и Океании применяли весьма длинные полоски расщепленного бамбука и половинки раковин. Установлено, что в мягкий бамбук врезали зерна кварца, превращая его в абразивную пилу. Меланезийцы же для пиления употребляли ротанговый шнур, а северо-американские индейцы брали тегиву из кожи или текстиля, сообщая им возвратно-поступательные движения, и не забывая подсыпать в зону резания влажный песок. Вполне возможно, что пиление такими гибкими шнурами, покрытыми острыми и твердыми абразивными зернами, было достаточно эффективным. Недаром и в наше время су-

ществуют методы пиления, мало чем отличающиеся от этих по своей идее.

Но вернемся к каменным пилам. Они тоже совершенствовались. Сначала на них вблизи гладкого лезвия стали делать ретушированные края, как прообраз зубьев, а затем высекать зазубрины. Так в каменном веке появились «зубчатые» пилы, пока без четко выраженной геометрии зубьев, но все же зубчатые. Бронзовый



Пилы и разводы зубьев пришли к нам из глубины веков: а — каменная пила без зазубрин с ретушированными краями; б — каменная пила с зубьями; в — бронзовая пила; г — бронзовая пила, изображенная на этрусской вазе; д — зубья пил древности с косым и наклонным профилем и разводами; е — зубья современных пил

век преподнес в археологических раскопках металлические пилы. Конечно, бронзовые пилы были совершеннее каменных, но не могли из-за недостаточной прочности их вытеснить, особенно при производстве грубых работ в твердых породах. Несмотря на это, бронзовые пилы были все же в почете и даже получали свое художественное воплощение на вазах. Глядя на изображение лучковых пил этрусков, мы не только восторгаемся уровнем мастерства художников, керамистов, стремлением отразить и воспеть навеки труд и инструменты сво-

их соотечественников, но и делаем важный в техническом отношении вывод о том, что зубья пил имели разводы в разные стороны. Небольшой отжим зубьев поочередно в разные стороны создаст ширину пропила больше толщины плоской части полотна, что позволяет ему относительно свободно передвигаться в глубокой щели.

Конечно, современные пилы стали гораздо более прочными и долговечными, а зубья в каждой пиле оказались похожими друг на друга, так как их делают не вручную, а на станках. И все они имеют рациональный угол заострения клина и соответствующие передние и задние углы. Как видите, геометрических параметров у пил не так уж и много. Поэтому в зависимости от обрабатываемого материала изменяются все их немногочисленные параметры, что особенно заметно по высоте зубьев и шагу между ними. Так, например, чем тверже материал, тем мельче зубья и ближе друг к другу они расположены. Сравните мелкие зубчики слесарного ножовочного полотна для резки стали с весьма крупными зубьями хорошо всем знакомой пилы по дереву. Одноручные ножовки и двуручные лучковые пилы были хорошо известны ремесленникам древнего Новгорода, которые начали делать полотна с односторонним зубом в IX веке, используя для этого треугольные напильники. Когда-то пилы были только ручными, а затем многие из них стали называться дисковыми, ленточными, ножовочными, в общем машинно-станочными. От этого, правда, их происхождение не изменилось и они по-прежнему остались верными своей природе — клину.

Не менее верны своей природе и зубья другого инструмента — напильника. Упрощенно напильник представляет собой металлическую пластину, покрытую острыми зубчиками. С точки же зрения инструментальщика — это многолезвийный достаточно сложный и массовый инструмент, требующий, как, впрочем, и все инструменты, весьма умелого обращения.

По форме зубья напильников представляют собою клин с определенным углом заострения, передним и задним углами. Важными характеристиками напильников являются высота и крупность зуба, от которых зависит их применение. Самые крупные зубья — у драчевых напильников, а самые мелкие — у бархатных. Между этими классами инструмента имеются и переходные —

личные напильники. У напильников есть еще и помощники — надфили — мелкие напильники, зубьям которых также придается различная крупность и различное число насечек на 10 миллиметров длины рабочей части.

Похож на напильник и *рашпиль*, но у него зубья расположены отдельно и насечены острым трехгранным зубилом или пуансоном. Рашпили нашли свое применение при обработке дерева и кожи. Перечисленное обширное семейство пилящих и царапающих инструментов может похвастать и разнообразием формы поперечного сечения. Плоские, квадратные, трехгранные, круглые, полукруглые, овальные, ромбические напильники и надфили предназначаются для удобства выполнения определенного вида слесарных работ.

Как же делаются напильники? Представьте себе нож, заточенный на одну сторону по аналогии со стамеской. Если такой нож вдавить в мягкий материал, например, в пластилин, то останется канавка, одна сторона которой будет расположена почти вертикально, а другая — наклонно. Вдавим нож еще раз, но уже рядом с первой канавкой и таким образом, чтобы ее новая стенка начиналась там, где оканчивается предыдущая наклонная. Будем повторять неоднократно шаг за шагом эти действия. В результате получим много зубьев, расположенных один за другим. Как Вы уже догадались, то же самое осуществляется на заводах, только с участием не пластилина и ножа-стамески, а остальной заготовки под напильник, высокопрочного нападающего инструмента и станка. Насекание зубьев напильников специальными зубилами с односторонней заточкой режущей части — самый распространенный и самый старый способ производства этих инструментов. Только в старину насечных станков не было и напильники делали вручную.

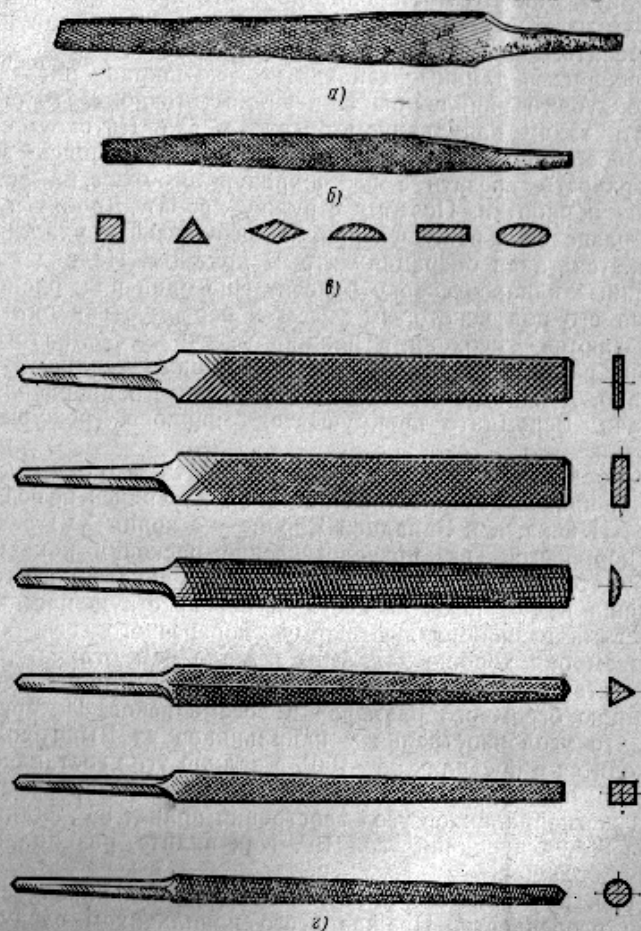
Вот как в трактате Теофила «*Schedulo diversorum artium*» (IX—X века) описано изготовление напильника. «Тяжелые и средние напильники изготавливаются из однородной стали. Они бывают четырехгранные, трехгранные и круглые. Делают еще и другие, более тяжелые напильники. Тогда они должны быть сделаны внутри из мягкого железа, а снаружи покрыты сталью... Они выравниваются по кругу, а потом насекаются посредством молотка, заостренного с обеих сторон. Другие напильники насекаются зубилом... После того как напиль-

ники опробованы со всех сторон ударом, производят закалку». Так что мастера далекого прошлого знали толк в изготовлении напильников и, конечно, умели их применять.

Но насечь длинные канавки на всю ширину пластины будущего напильника еще не достаточно. Ведь работать таким напильником будет тяжело. Потребуется большое усилие руки рабочего, чтобы, «зацепившись» за поверхность, срезать с нее широкую стружку на всю длину обработки. Поэтому стружку дробят. Дробят путем деления режущей кромки на отдельные участки. Делается такая операция хитрым приемом. На ряд насеченных канавок сверху наносят еще один ряд, располагая его под некоторым углом к первому. Так они и называются — верхняя и нижняя насечки. А для того, чтобы резание происходило с небольшими усилиями и плавно, канавки насекают под углом к направлению подачи. Вспомните преимущества наклона режущей кромки.

Справедливости ради следует сказать, что на Руси напильники с перекрестной насечкой появились не позднее XII века, а в Западной Европе — с конца XVI века в Нюрнберге. Так, археологические раскопки показывают, что напильники из Вышгорода и Райковецкого городища имеют прямую, косую и перекрестную насечки и весьма разнообразную форму поперечного сечения. Причем они хорошо закалены и мало чем отличаются от кустарных напильников XX века, несмотря на «дистанцию огромного размера» в восемь веков. Интересно, что угол заострения у напильников из Вышгорода находится в пределах 95—100°, а задний угол составляет 24—25° при шаге между рядами 0,9—1,4 мм. У современных же напильников угол заострения принят 85°, задний угол 25°, а передний угол 10°. Как видите, разница не очень большая.

Как и у каждого инструмента, у напильников есть свои особенности. Прежде всего напильником следует работать от себя, только в одну сторону и в это время с определенным усилием его прижимать к детали. При обратном движении давить на напильник бессмысленно, так как и припуск сниматься не будет, да и устанешь быстрее. Далее, чтобы обработать плоскость, берут плоский напильник. Так он называется, хотя на самом деле лучшие из них должны иметь выпуклые поверхности,



Разнообразны формы напильников — незаменимых слесарных инструментов далекого прошлого и современности: а — напильник из Вышгорода; б — напильник из Райковецкого городища; в — поперечное сечение напильников древности; г — современные напильники и их сечение

которые посредине длины напильника делают его толще, чем у концов. Для глаза это не видно, но зато исключительно полезно для получения плоской поверхности на детали.

При работе прямым (плоским) напильником нельзя получить плоской поверхности из-за того, что он при нажиме руками по концам слегка изгибается посредине, становится как бы вогнутым по отношению к детали. Кроме того, из-за движения и неодинакового нажима руками прямой напильник немного покачивается и снимает по краям детали больше припуск, чем в центральной ее части. Выпуклый по форме напильник тоже покачивается, но из-за приподнятых концов компенсирует излишнее удаление материала. Такой напильник не только меньше изгибается, но к тому же предотвращает одновременное резание всеми зубьями насечки, что явно облегчает работу.

Облегчает работу и зауженная передняя часть напильника — носок. Но и этого мало. Если мы увидим, что зубья напильника имеют неодинаковый, неравномерный шаг, то не считайте такой инструмент бракованным. Это сделано специально для улучшения качества обрабатываемой поверхности и повышения стойкости напильников. И, наконец, если у Вас в руках окажется напильник, у которого не все плоскости имеют насечку, то не думайте, что их кто-то забыл сделать. Так должно быть. Ведь такими напильниками ведут обработку пазов, канавок, а поверхности без зубьев, как известно, «не спешат» снимать слой металла и поэтому не портят то, что не должно быть испорчено.

Еще многое можно рассказать о напильниках: о широком их применении в машиностроении, о том, что без них трудно пришлось бы слесарю, о том, что они изготовляются не только механическим путем, но и с помощью электроэрозионных методов, что они теперь «служивые» и подчиняются дисциплине нормалей и гостов, и что даже король твердости — алмаз благосклонно на них посмотрел и пришел на помощь высокоуглеродистым инструментальным сталям и твердым сплавам. Но не будем останавливаться на этих вопросах, а лучше займемся другим весьма прогрессивным и производительным инструментом.

Круглые напильники применяют для обработки ими отверстия в листовом материале при изготовлении само-

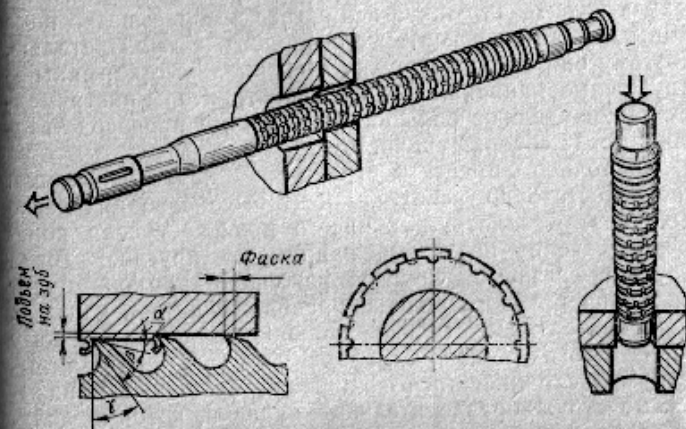
дельных механизмов, приборов, радиоаппаратуры. При этом бывают случаи, когда коническая часть круглого напильника плотно входит в отверстие и дальнейшее движение инструмента возможно только лишь с определенной осевой силой. Если сила была достаточно высока, то напильник своими зубцами полностью срезал в материале оставшийся небольшой припуск и не только делал отверстие, но и даже как бы его калибровал своей цилиндрической частью. Конечно, так напильниками не работают, но что поделаешь, когда нужного диаметра сверла под рукой не оказалось.

Однако то, что вредно для напильника, оказалось полезным для других инструментов. По идее каждый последующий ряд зубьев напильника на его конической части незначительно выступает над предыдущим рядом и, значит, готов начать обработку при осевом перемещении инструмента без нажима руками в сторону тела детали, т. е. в направлении, перпендикулярном продольной оси напильника. Получается, что высотой таких ступенек в расположении режущих кромок определяется величина поперечной подачи на один зуб, а общий снятый припуск будет зависеть для данного случая от числа ступенек.

Интересны по своей конструкции *протяжки*, которые представляют собой набор резцов, поставленных друг за другом таким образом, чтобы каждый последующий выдвигался своей режущей кромкой чуть-чуть больше в сторону обрабатываемой поверхности, чем предыдущий. Это «чуть-чуть» называется подъемом на зуб. В крупных протяжках так, между прочим, и делают. В общий сплошной корпус набирают друг за другом отдельные режущие элементы. А для того чтобы не пришлось каждый зубец выполнять с разной высотой, достигая тем самым подъема на зуб, в корпусе сборной протяжки создают наклонную канавку, паз или иную базовую поверхность, на которой все и закрепляют. Иногда зубья в виде отдельных элементов насаживают на общую оправку и крепко стягивают гайкой. В последнем случае элементы должны быть разными по своему размеру и обеспечивать необходимые ступеньки — подъем на зуб. Понятно, что приведенные решения достаточно сложны конструктивно и выполнить их в металле совсем не просто. Поэтому сборные протяжки изготавливают, когда это экономически целесообразно и

технически возможно. Такие условия сопутствуют большим тяжелым протяжкам, особенно в тех случаях, когда зубья крупных протяжек, кроме всего прочего, имеют еще и сложный профиль. Но, как правило, протяжки делают цельными.

Протяжка — сложный инструмент и состоит из нескольких функционально разных частей, например, протяжка для обработки отверстий начинается с хвостови-



Протяжки и прошивки применяются для обработки деталей массового производства

ка, который расположен на шейке и переходит в переднюю направляющую часть, за ней идут режущие зубья. Режущие зубья переходят в калибрующие, которые делают одинаковыми, так как с одной стороны эти зубья окончательно калибруют требуемый профиль детали, а с другой стороны они служат резервом для восстановления изношенной протяжки. Вслед за калибрующей частью располагается специальная направляющая поверхность и хвостовик. Опять хвостовик! Однако длинной протяжке очень нужны именно два хвостовика. За передний хвостовик ее тянут при рабочем ходе, а за задний поддерживают во избежание деформаций и перекосов, ведь она длинная и достигает продольного размера, в 30—40 раз превышающего поперечный. В этом отношении прошивка, которую не тянут, а толкают, го-

раздо короче. Ей и нельзя быть длинной, так как прошивка работает на сжатие и продольный изгиб, а протяжка — только на растяжение. Поэтому прошивка выглядит как-то солиднее и не имеет хвостовика, который ей и не нужен.

А теперь посмотрите на клинья — зубья, которыми обладают эти инструменты, просто настоящие резцы со всеми углами, поверхностями и плоскостями. Но у этих резцов есть и свои особые проблемы. Прежде всего им некуда девать стружку, некуда ее выбрасывать, пока резцы находятся в контакте с обрабатываемой деталью. Поэтому они прячут стружку в специальные карманы — стружечные канавки, которым конструкторы-инструментальщики уделяют большое внимание, а производственники всегда содержат в чистоте.

Но только поместить стружку в карманы-канавки еще недостаточно, необходимо, чтобы она из них легко выходила. Казалось, нет ничего проще. А если поперечное сечение протяжки, например, круглое? Тогда стружка, срезаемая круглой режущей кромкой будет иметь вид цельного кольца, расположенного в канавке. Попробуйте такое стальное кольцо удалить, да к тому же из многих канавок. Задача не из легких. На выручку из сложившегося положения пришли так называемые стружкоразделительные канавки, которые делают прерывистой режущую кромку и дробят стружку на мелкие дужки. В таком размельченном виде она и покидает свой тесный приют.

У протяжки есть зубья, которые украсили небольшой ленточкой-пояском. В отличие от множества известных нам украшений, не выполняющих никаких трудовых функций, ленточка работает — она и калибрует деталь, и как бы центрирует протяжку и даже жертвует собой, когда изношенную протяжку восстанавливают путем перешлифовки зубьев по передней поверхности. Как Вы уже догадались, ленточка является отличительной чертой калибрующих зубьев. Отметим, что некоторые конструкции современных протяжек имеют твердосплавные направляюще-калибрующие зубья в виде колец.

Протяжки бывают самые разнообразные. Ими с успехом обрабатывают внутренние и наружные поверхности деталей. Они даже могут быть почти непрерывного действия. Для этого протяжку неподвижно и жестко

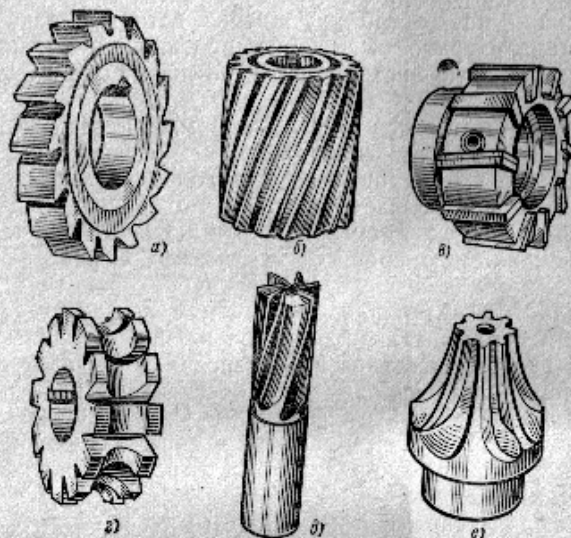
закрепляют на станке, а детали располагают на вращающемся столе или в специальных приспособлениях на бесконечной ленте, как на гусеницах трактора. В этих устройствах детали как бы подъезжают под протяжку и затем появляются с другой стороны протяжки в уже обработанном виде. Есть протяжки и в виде зубчатых колес с разной высотой зуба. Один оборот такой протяжки и на быстро крутящейся детали образуется требуемая поверхность. Вообще, протяжки и прошивки производительные инструменты и не любят одиночек-деталей.

А теперь займемся фрезами. Самые первые *фрезы* французы с пылким воображением назвали именем сладкой ягоды — клубникой, что по-французски будет «фрейз», а по-русски — «фреза». Родоначальница современных фрез действительно была очень похожа на клубнику, которую вращали за хвостик. Сейчас форма фрезы изменилась и сходство с клубникой потерялось.

Обработка материалов резанием с помощью фрез получила исключительно широкое распространение. По уровню производительности фрезерование уступает лишь наружному протягиванию. Для обеспечения работоспособности фрез созданы специальные станки. Фрезы бывают цилиндрические с прямыми и винтовыми зубьями, торцовые, дисковые, прорезные и отрезные, концевые, угловые и фасонные.

Цилиндрические фрезы с прямыми и винтовыми зубьями применяют для обработки плоскостей. Причем фрезы с винтовыми зубьями работают более плавно, с меньшими вибрациями, чем фрезы с прямыми зубьями, поэтому последние в основном используют при снятии припуска малой ширины, где преимущества винтовых зубьев не так ощутимы. Если цилиндрические фрезы устанавливают на горизонтально-фрезерных станках, то торцовые фрезы — на вертикально-фрезерных. Эти фрезы также предназначены для обработки плоскостей, но в отличие от цилиндрических фрез имеют ось вращения, не параллельную обрабатываемой поверхности детали, а перпендикулярную к ней. Для фрезерования пазов и канавок предназначены дисковые фрезы, у которых зубья могут быть не только на цилиндрической поверхности, но и на одном или обоих торцах. Определенной разновидностью дисковых фрез являются пилы, которыми разрезают заготовки или делают в деталях узкие

надрезы, шлицы. Концевые фрезы просто необходимы для получения выемок, шпоночных пазов, получения в материале углублений со сложным контуром. Их возможности достаточно убедительны и хорошо иллюстрируются на примере шпоночных фрез, которые подобно сверлу могут врезаться в заготовку при осевой подаче



Типы фрез:

а, б — цилиндрические соответственно с прямыми и винтовыми зубьями; в — торцовые; г — фасонные; д — концевые; е — модульные

инструмента, а затем перемещаться в заданном направлении с использованием других подач станка. Иными словами, такие фрезы осуществляют процесс обработки режущими кромками, расположенными на торцовой и цилиндрической поверхностях. И, наконец, фрезы с фасонной режущей кромкой — так называемые фасонные фрезы, предназначенные для изготовления деталей со сложной поверхностью.

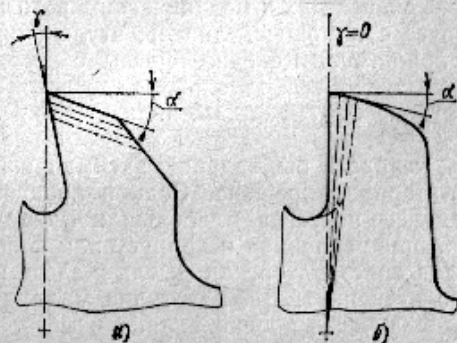
Фрезы имеют различные конструктивные особенности. Они могут быть цельными, т. е. сделанными монолитно из одной заготовки. Конечно, такие фрезы ста-

раются делать небольшими, чтобы понапрасну не тратить дорогой инструментальный материал. Но когда размеры фрез возрастают, поступают иначе — их проектируют сборными. В сборных фрезах корпуса изготавливают из недорогих сталей, а зубья — из специальных твердых сплавов. В этом случае твердосплавные пластинки непосредственно припаивают или приклеивают к корпусу фрезы или к так называемым ножам, которые в свою очередь уже механическим путем закрепляют в корпусе с помощью клиньев, втулок, винтов, рифлений и прижимов. Конечно, фрезы с механическим креплением ножей весьма сложны, но зато ножи можно заменять на другие и выставлять их на требуемый размер.

Теперь, казалось бы, задача максимальной экономии дорогих материалов решена. Ведь в процессе резания участвует всего-навсегда небольшая твердосплавная пластинка, прикрепленная к корпусу или к ножу. Однако пытливая конструкторская мысль и здесь нашла свое «но», свою «зацепку». Да, пластинка мала, но все равно ее большая часть прочно впаяна в металл, и поэтому ей не суждено стать режущей кромкой. Вот если бы пластинку можно было бы поворачивать и при необходимости вводить в работу новые, неизношенные ее части, заранее заточенные под режущие кромки, вот тогда эффективность инструмента была бы еще выше. Именно такие фрезы и разработали во Всесоюзном научно-исследовательском инструментальном институте. Эти фрезы тоже сборные и имеют ножи, но твердосплавные пластинки к ним не припаиваются, как обычно принято, а насаживаются свободно на специальные штифты — оси, вокруг которых они могут поворачиваться и закрепляться в требуемом положении. Теперь неперетачиваемые многогранные или круглые твердосплавные пластинки надо только вовремя поворачивать, обновляя тем самым режущие кромки инструмента. Удобно, быстро, экономически выгодно и оригинально!

Фрезы, которые мы с Вами рассматривали, являются, так сказать, одиночками на шпинделях станков — по одной фрезе на шпинделе. Однако это не всегда бывает оправдано с точки зрения производительности труда, затрат машинного времени, необходимости изготовления широких и сложных фрез с фасонной режущей кромкой. Поэтому фрезы объединяют в специальные на-

боры, собирая их на одной оправке. Закрепленные на общей вращающейся оправке, эти фрезы одновременно обрабатывают несколько поверхностей одной или многих заготовок. Для осуществления плавной работы набора, уменьшения вибраций фрезы в наборе устанавливают со смещением зубьев, делают их с неравномерным шагом и винтовыми. А для уменьшения осевых сил набор составляют таким образом, чтобы наклоны зубьев



Зубья фрез бывают остроконечными (а) и затылованными (б)

у разных фрез были направлены попарно в противоположные стороны.

Так что правильно сделать наборы фрез — дело не простое и требует знаний, смекалки, опыта и, конечно, умения работать с ними.

Как видите, фрезы разнообразны. Но это не распространяется на конструкции их зубьев. Здесь существует только два принципиальных «лагеря». В одном находятся фрезы с остроконечными зубьями, а в другом — с затылованными. Остроконечные зубья имеют переднюю и заднюю поверхности плоской формы. Переточку таких зубьев осуществляют по задней поверхности, что весьма удобно, но, к сожалению, приводит к уменьшению высоты зуба. Посмотрите на зуб фрезы — штриховые линии условно обозначают снятие слоев металла по задней поверхности. Вполне очевидно, что для зубьев фасонных фрез такая переточка недопустима, так как приводит к изменению формы режущей кромки. Чтобы этого не происходило, применяют фрезы с затылованны-

ми зубьями, у которых передняя поверхность плоская, а задняя имеет форму архимедовой спирали. Заточку и переточку затылованных зубьев выполняют (как показано пунктиром) уже не по задней поверхности, а по передней. Однако в обоих принципиальных случаях все делается с единой целью — как можно проще обеспечить рациональные углы резания клина, максимально сохранить требуемую форму режущей кромки, размеры зубьев, их точность, прочность и долговечность.

В заключение отметим, что крепление фрез различных конструкций на станках осуществляют с помощью конусных или цилиндрических хвостовиков, устанавливаемых непосредственно в конусное отверстие шпинделя станка или зажимаемых в патроне. Фрезы с хвостовиками называют «хвостовыми». В отличие от них фрезы с центральными отверстиями называют насадными. Их предварительно надевают на специальную оправку, которую затем укрепляют в шпинделе станка.

Трудно себе представить современную технику без зубчатых колес. Они прочно вошли в конструкции множества машин и механизмов и, как видно, не собираются сдавать своих позиций. Для их изготовления создан большой парк станков, «вооруженных» специальными зубонарезными инструментами. А трудятся на этих станках рабочие и техники высокой квалификации. Ведь зубчатые колеса, несмотря на широкое распространение и известность, не потеряли от этого свою сложность и требования качественного отношения к делу.

Инструменты для нарезания зубчатых колес работают по методам копирования и обкатки. Первый метод весьма прост по своей идее. Он заключается в том, что обработка ведется инструментом, имеющим профиль зуба, точно соответствующий впадине между зубьями зубчатого колеса. В этом случае дисковой или пальцевой фрезой прорезается одна впадина, затем после поворота заготовки на один шаг будущего зубчатого колеса прорезается вторая впадина и так повторяется много раз, пока не сформируются все зубья по окружности заготовки.

Действительно просто, вроде бы как в древности профильным напильником делали зубья на полотне пилы. Однако в этой простоте скрыты и свои сложности. Во-первых, необходимо иметь специальный инструмент и не одного типоразмера для всех зубчатых ко-

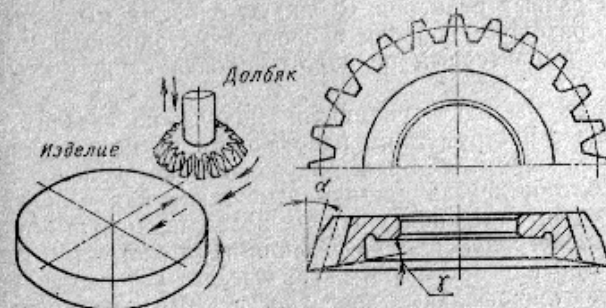
лес, а целый обширный комплект, подчиняющийся единой дисциплине — модулю, который помимо того, что равен шагу зубчатого колеса, деленному на число z , еще и стандартизован. Получается, что каждому модулю и числу зубьев нарезаемого колеса соответствует свой инструмент. Во-вторых, надо иметь приспособление — так называемую делительную головку, с помощью которой можно было бы каждый раз поворачивать на заданный угол заготовку под зубчатое колесо. Если этого не сделать с требуемой точностью, то можно в результате накопить большую ошибку по шагу. Метод копирования с помощью наборов дисковых и пальцевых фрез менее точен и производителен, чем метод обкатки. Поэтому нарезание зубчатых колес по методу копирования осуществляют в основном в единичном и мелкосерийном производстве.

Наиболее обширна номенклатура инструментов, работающих не по методу копирования, а по методу обкатки. Здесь и долбяки, и зуборезные гребенки, и червячные фрезы.

Все эти инструменты совместно с заготовками должны совершать в процессе обработки по методу обкатки строго определенные и взаимосвязанные кинематикой станков движения — движения обкатки. Суть их сводится к качению без скольжения так называемых начальных окружностей и прямых друг по другу. В случае использования зуборезной гребенки происходит качение начальной окружности детали по начальной прямой инструмента, а при использовании долбяка наблюдается качение без скольжения — обкатки начальной окружности долбяка по начальной окружности заготовки под зубчатое колесо. В результате режущей кромке инструмента непрерывно придается ряд последовательных положений, огибающая к которым воссоздает профиль детали, например, зубья зубчатого колеса. Помимо движений обкатки заготовка и инструмент получают еще и движения подачи, столь необходимые для осуществления процесса резания и нарезания полного профиля зубьев. Но какие бы сложные движения при этом не совершались, инструмент в обязательном порядке должен обладать всеми атрибутами клина, иметь соответствующие поверхности, кромки и углы.

Однако здесь появились «невидимки» — начальные окружности и прямые. Мы их не увидим ни на зубча-

тых колесах, ни на инструментах, их обрабатывающих. Так легко воочию можно представить себе, глядя на зубчатые колеса, окружности выступов и впадин, но начальные окружности не видны — они детище теории. Их диаметры только рассчитываются и изображаются графически. На примере зацепления двух зубчатых колес они представляют собой две касающиеся в полюсе зацепления окружности, перекатывающиеся друг по другу без скольжения. Измените расстояния между осями вращения зубчатых колес и тем самым Вы измените



Долбяк представляет собой зубчатое колесо, преобразованное в инструмент для нарезания зубчатых колес по методу обкатки

диаметры начальных окружностей. Но при этом они все равно будут взаимно касаться в полюсе зацепления и перекатываться — такова их суть.

А теперь посмотрите на инструмент, который очень похож на зубчатое колесо. Это долбяк. Долбяк имеет передние и задние поверхности, режущие кромки и, конечно, передние и задние углы. Как их найти, мы уже знаем. Вспомним простейший токарный резец. Так вот, передний угол у зубьев долбяка составляет $5-10^\circ$, а задний находится в пределах $4-7,5^\circ$. У стандартных долбяков задний угол равен 6° , что делается для предотвращения затирания задних поверхностей зубьев инструмента при перемещении в заготовке. Обработка осуществляется при сложном движении долбяка и заготовки. Во-первых, они вращаются, производя обкатку. Во-вторых, долбяк совершает возвратно-поступательное движение вдоль своей оси — рабочий и холостой

ход, да к тому же еще и движение врезания по направлению к оси заготовки. А сама заготовка не только вращается, но и несколько отходит от долбяка при его холостом ходе, как бы помогая задним углам, а затем возвращается назад при рабочем ходе инструмента.

Долбяк — незаменимый инструмент для обработки шевронных зубчатых колес, у которых зубья расположены елочкой, или колес с внутренним зацеплением. Долбяки необходимы при изготовлении зубчатых блоков, то есть деталей, которые состоят из нескольких зубчатых колес разных размеров. С такими блоками мы встречаемся, разбирая коробки скоростей мотоцикла или машины. Характерным размером долбяка служит модуль зубчатых колес.

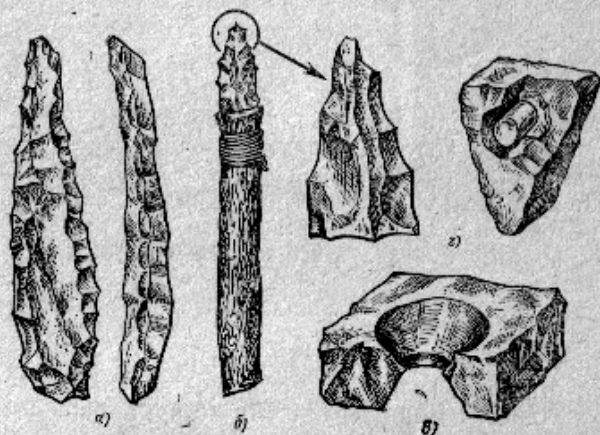
Здесь мы опять упомянули модуль, но на этот раз в связи с инструментом, работающим по методу обкатки, — долбяком. Не будет преувеличением, если мы скажем, что и другие инструменты, такие как червячные фрезы для нарезания зубчатых колес, прямозубые и косозубые *гребенки* (так их называли из-за схожести с гребнями или расческами) и даже *шеверы*, которыми обрабатывают профильные поверхности зубьев, повышая их качество и бесшумность работы при больших скоростях, подчиняются модулю. Такое подчинение является жизненно оправданным мероприятием, так как модуль заложен в конструктивных размерах всех без исключения зубчатых колес и инструментов для их производства, а также инструментов для изготовления самих инструментов. Следует отметить, что модульная система — это реализация геометрического закона подобия, которая дает большой экономический эффект. Основой является исходная прямобочная рейка для зубчатых колес с эвольвентным профилем и соответствующая рейка для зуборезного инструмента. Например, диаметр делительной окружности колеса равен произведению модуля на число зубьев, а шаг между ними определяется произведением модуля на число л, высота же головки зуба колеса принимается равной модулю.

ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ

Если спросить у любого, даже очень далекого от проблем техники человека, как и чем делают отверстия в различных деталях, то ответ будет дан быстро и не без оттенка удивления. — Как чем? Конечно, сверлом! — Так оно и есть на самом деле, ибо *сверло* является не только самым необходимым инструментом для получения отверстия, но и ничего другого делать не умеет, поэтому и назвать его просто. Оно рождено для отверстия.

Еще в палеолите и особенно в неолите зародилась и развилась техника сверления с помощью каменных сверл. Каменное сверло держали в руке и выскабливали им отверстие, или же экземпляры поменьше закрепляли на древке и придавали ему возвратно-вращательное движение между ладонями. Додумались даже обмотать тетиву лука вокруг древка и двигать лук от себя и к себе, придерживая древко сверху и нажимая на него с целью создания осевой силы. Такое лучковое сверление оказалось почти в 20 раз производительнее двуручного сверления. Океанийцы и индейские племена Северной Америки для сверления изобрели даже маховик на оси и бечевку, соединенную с планкой. Тяжелый маховик в таком устройстве не только с определенной осевой силой давил на сверло, но и к тому же заставлял его вращаться по инерции. Интересно, что сверление толстых каменных орудий осуществляли с двух сторон, совмещая центра. Не обошлось здесь и без загадок для археологов, которые долгое время не могли понять назначение цилиндрических каменных столбиков, найденных в местах раскопок неолитических стоянок первобытного человека. Впоследствии оказалось, что это «издержки производства» полого сверления трубчатым сверлом. Особенно ясно об этом говорит каменный топор-клин с незаконченным сверлением отверстия. Полное сверление сверлами из бамбука в южных странах и из трубчатых костей у северных народов с обязательной

подсыпкой абразивного песка, например, кварцевого, явилось крупным шагом вперед, так как при этом достигалась экономия сил, повышалась производительность труда и до 70 процентов материала в зоне отверстия не разрушалось, а оставалось в виде каменных столбиков.

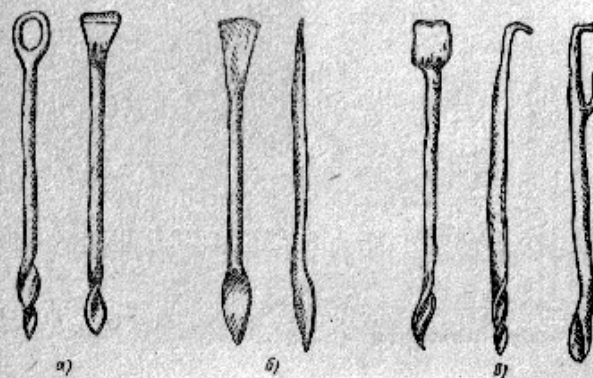


Сверление отверстий началось в каменном веке:
а — такое сверло держали непосредственно рукой;
б — маленькие сверла закрепляли в дереве; в — каменное орудие с незаконченным двусторонним сверлением; г — результаты работы полого сверла

Следует отметить, что эффективность такого полого сверления с абразивными частичками и смазкой водой была настолько высока, что с успехом применялась и в бронзовом веке, особенно при обработке каменных орудий.

Сверлить умели в древности и на Руси. Так, археологические находки и письменные источники, относящиеся к IX—XI векам, дают представление о двух видах сверл. Это спиральные сверла — бурав, сверель, которые имели правое (по часовой стрелке) рабочее вращение и достигали длины до 370 миллиметров при диаметре от 6 до 21 миллиметра. Были в обиходе мастеровых и перовидные сверла — напарья, похожие на ложку, которыми сверлили отверстия диаметром побольше. Технология получения сверл была непростой, так как часто применялась кузнечная сварка. На желзную основу наваривалось стальное острие, которое затем под-

вергалось закалке и заточке. Иногда накопечники перовидных сверл делали многослойными и так, чтобы на острие выходила стальная пластинка очень высокой твердости. Вот вам налицо не только стремление экономии более дорогой и твердой стали, но и практическое применение принципа самозаточки.

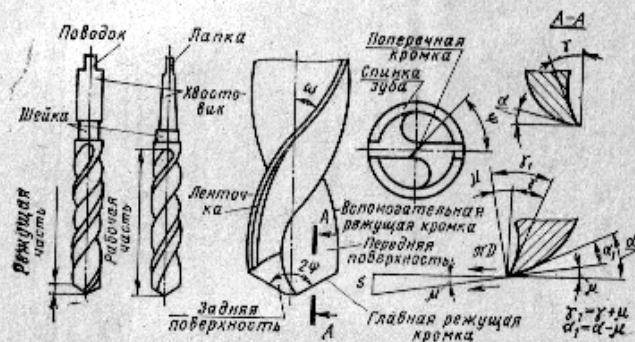


Сверла русских мастеровых:
а — спиральные сверла-буравы IX—XI веков; б — перовидные сверла древности; в — спиральные сверла-буравы XVII века

При этом металловедческий анализ показывает, что стальное острие имело высокое содержание углерода — до 0,9 процентов. Применялась и цементация. Тогда содержание углерода в стали достигало 1,2 процента. Для этого инструмент покрывали салом, обматывали полосками из козлиной кожи, затем обмазывали глиной и помещали в кузнечный горн до момента сгорания кожи. Формы спиральных буравов и перовидных напарья были настолько рациональны для тех времен, что они почти в неизменном виде продолжали применяться и в XVII веке. И только в начале XIX века — в 1822 году появилось всем известное сверло с вантовыми канавками.

Что же собой представляет спиральное сверло? Спиральное сверло имеет два зуба, свернутые по спирали и образующие так называемую рабочую часть сверла. С одной стороны рабочая часть переходит в шейку и конический или цилиндрический хвостовик, предназна-

ченный для закрепления сверла в патроне станка или ручной дрели, а с другой стороны она начинается с режущих клиньев. Эти клинья имеют переднюю и заднюю поверхности, на пересечении которых и расположена главная режущая кромка. По передней поверхности сходит стружка и, закручиваясь в спираль, продвига-



Вот оно, столь привычное для машиностроителей спиральное сверло

ется по винтовой поверхности канавки сверла. А задняя поверхность, как и у любого простого резца, старается все сделать для того, чтобы не мешать процессу обработки и не подвергать себя излишнему трению о поверхность резания. В этом ей помогают задние углы, которые образуются между касательной к задней поверхности в заданной точке режущей кромки и касательной в той же точке к окружности ее вращения вокруг оси сверла.

Обратите внимание, что на главной режущей кромке можно выбрать много точек, расположенных на разном расстоянии от центра или периферии сверла. И для каждой выбранной точки будут свои значения задних и передних углов. Если у периферии сверла задний угол обычно составляет 8—14°, то по мере приближения к центру сверла он увеличивается и достигает значений 20—26°. А с передними углами все наоборот: чем ближе к центру сверла, тем они становятся меньше и даже принимают отрицательные значения. Величина этих углов зависит от осевой подачи сверла. При отсутствии

осевой подачи вершина клина движется по окружности и проходит за один оборот сверла путь, равный πD , а при наличии подачи s вершина клина перемещается уже по винтовой линии, образуя на развертке наклонную линию. Именно от этой линии-следа плоскости резания и определяют новые значения переднего и заднего углов. Получается, что чем больше осевая подача, тем больше становится передний угол и меньше задний. При чрезмерно большой подаче задние углы становятся нулевыми и задние поверхности зубьев сверла начинают тереться об обрабатываемый материал. В результате происходит разогрев инструмента, возрастают силы резания и его износ, снижается эффективность обработки.

Сверла часто отличаются друг от друга по способу заточки задних поверхностей, которые могут быть в виде плоскости, двух плоскостей, иметь форму винтовой, конической либо цилиндрической поверхности. На все есть свое обоснование, так же как и на выбор угла при вершине 2ϕ , угла между главными режущими кромками сверла, который должен быть тем больше, чем тверже обрабатываемый материал. Так, при сверлении прочных сталей угол при вершине 125—150°, а при сверлении мрамора — 80—90°.

Как мы уже знаем, в результате заточки зуба сверла по задней поверхности на ее пересечении с передней поверхностью возникает главная режущая кромка. Так как сверло имеет два режущих зуба, то и главных режущих кромок столько же. Главные режущие кромки не переходят одна в другую, а между ними имеется еще и перемычка. Образованная в результате пересечения обеих задних поверхностей перемычка обычно составляет острый угол с главными режущими кромками, что хорошо видно и легко измерить, если смотреть на сверло вдоль его оси со стороны режущей части. Перемычку иначе называют поперечной режущей кромкой, хотя она и не режет материал, а скорее его сминает и скоблит, так как имеет угол резания больше 90° и скорости резания почти равные нулю. Понятно, что поперечная кромка вызывает при сверлении увеличение осевой силы, крутящего момента и температуры. В сверлах большого диаметра перемычку даже стараются ликвидировать прорезкой, подточкой, что повышает стойкость инструмента.

У сверла есть еще две режущие кромки, которые образуются пересечением передних поверхностей с наружной цилиндрической поверхностью рабочей части сверла. Эти режущие кромки называют вспомогательными, которые принимают участие в резании на длине, определяемой подачей. Таким образом, у обычного спирального сверла пять режущих кромок.

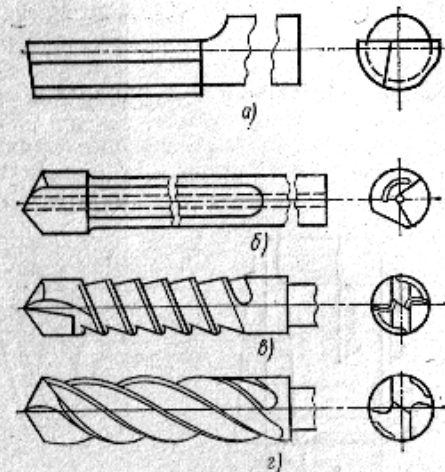
От свойств обрабатываемого материала зависит и угол наклона винтовой линии сверла. Она может быть пологой при обработке пластичных материалов, создающих сливную стружку, и очень крутой, поднимающейся при обработке материалов. Наружная поверхность спирального зуба, обращенная к стенке отверстия, часто срезается на небольшую глубину с образованием спилки зуба, что делается для уменьшения трения зуба о материал заготовки. При этом оставляют лишь неширокую ленточку. Ленточка направляет сверло по оси отверстия, опираясь на его стенки. Но как бы не старались две ленточки обычного двухзубого спирального сверла направлять его в отверстии и выдерживать ось при сверлении прямолинейной, не всегда у них это хорошо получается. Особенно при глубоком сверлении.

Первыми поняли такой недостаток двухзубого спирального сверла оружейники, которые не решились выпускать стволы винтовок, пистолетов и орудий с кривым дулом. Да и не только оружейникам не подходило отверстие с искривленной осью, но и многим машиностроителям. Поэтому были созданы пушечные, ружейные, шнековые и даже четырехленточные сверла, имеющие большие опорные и направляющие поверхности, приводящие к лучшей центровке инструмента в обрабатываемом отверстии. Некоторые виды сверл для глубокого сверления появились задолго до спирального сверла.

Интересным многолезвийным инструментом является *зенкер*, который вступает в обработку, когда сверла уже сделают отверстия. Зенкеры применяют для расширения отверстий, получения углублений под головки винтов, для выполнения конических фасок, гнезд, и даже для обработки торцовых плоскостей всевозможных приливов, бобышек, венчающих парадное крыльцо отверстия.

Зенкеры, особенно цилиндрические, напоминают сверла. Корпус зенкера потолще, чем у сверла, канавки поменьше, зубья побольше и отсутствует вершина с пе-

Помимо спиральных сверл применяют еще пушечные (а), ружейные (б), шнековые (в) и четырехленточные (г) сверла

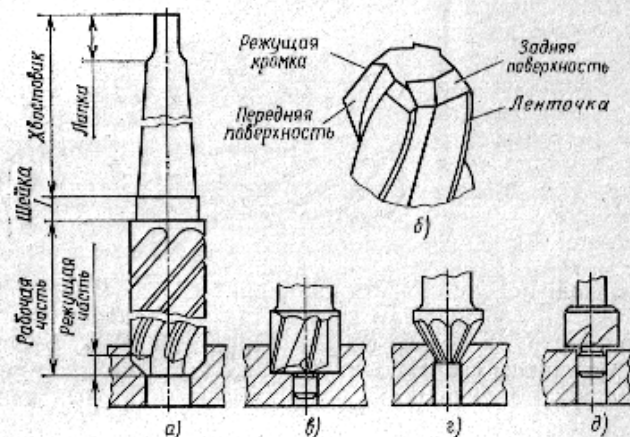


ремычкой. Режущая часть цилиндрического зенкера расположена на небольшом конусе, так как припуск дается не по центру, а только по периферии отверстия. Будучи родственником сверла, зенкер также как и сверло имеет передние и задние углы, углы наклона винтовых канавок и даже ленточек, которые располагаются на калибрующем участке инструмента. Отметим, что на этом цилиндрическом участке припуск материала почти не снимается, так как почти все, что могла, забрала на себя коническая режущая часть. Но зато здесь происходит окончательная доработка отверстия. А дальше идут знакомые по сверлу шейка, хвостовик и лапка.

Есть и другие зенкеры, которыми делают углубления под головки винтов. Такие инструменты имеют специальные направляющие цилиндрические цапфы для получения углублений, соосных с отверстиями. А главные режущие кромки у них находятся в плоскости, перпендикулярной к продольной оси инструмента. Торцовые зубья такого зенкера особенно нужны, так как ими обрабатывают опорную поверхность под головку винта — ровно и без всяких фасок. Рассматриваемый зенкер имеет зубья и на цилиндрической поверхности, которые не остаются без дела, а дорабатывают и калибруют расширенное цилиндрическое углубление. В противоположность этому у зенкеров, которые не входят в отверстие,

а лишь обрабатывают плоскость бобышки, зубья расположены только на торцевой поверхности. Конический зенкер имеет от 6 до 12 прямых зубьев с плоской передней поверхностью и обрабатывает отверстие в виде конической поверхности.

А теперь настала очередь познакомиться с еще одним инструментом, все существование которого также связано с отверстием, но не с простым отверстием, вы-

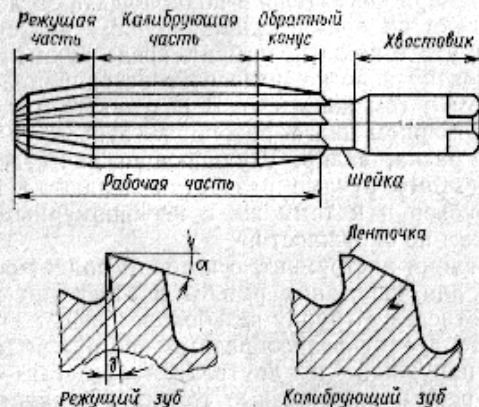


Для обработки отверстий после сверления часто применяют зенкеры

шедшим из-под сверла или зенкера, а качественным и точным, весьма необходимым во многих случаях машиностроителям. Это — развертка. Как и зенкер, *развертка* — многолезвийный инструмент, но с достаточно длинными режущими зубьями. Их число, как правило, намного больше, чем у зенкера. Правда, в последнее время появились так называемые однолезвийные развертки. У них всего один режущий зуб и два направляющих пояска, центрирующих развертку в отверстии. Однако преимущественно развертки выполняются все же многозубыми.

Вдоль длины рабочей части развертки можно легко выделить несколько зон, каждая из которых выполняет свою вполне определенную функцию. Все начинается с направляющего конуса, облегчающего ввод развертки

в отверстие. Основная режущая зона развертки — заборный конус. Заборный конус развертки имеет остро заточенные зубья, которые «забирают» на себя практически весь припуск под обработку. Если посмотреть на профиль любого зуба на этом конусе, то он ничем в принципе не отличается от профиля резца. Те же углы, тот же принцип действия. Далее идет цилиндрическая калибрующая часть развертки, которая не только ка-



Для повышения точности и чистоты обработки отверстий применяют развертки — многозубные инструменты

либрует своими зубьями с узенькими шлифованными ленточками обработанное заборным конусом отверстие, но и направляет в нем инструмент. Для облегчения вывода развертки из готового отверстия цилиндрическую поверхность сменяет почти незаметный для глаза обратный конус. Затем идут известные нам шейка и хвостовик. Правда, хвостовики у машинных разверток делают конические, а у слесарных, ручных — квадратными под специальный вороток.

Конические хвостовики имеют многие инструменты и выполняются они не как попало, а по специальным нормам, в основе которых лежит так называемый конус Морзе. Твердые, точные, шлифованные и износостойкие конические хвостовики инструментов входят в предназначенные для них конические отверстия шпинделей стан-

ков и переходников. И не просто входят, а самотормозятся трением. Вспомним условие самоторможения трением, которое мы рассмотрели применительно к рукоятке молотка. Поэтому момент от сил трения на конусе выше возникающего момента от сил резания. При испорченной поверхности конуса Морзе инструмент не стопорится в коническом углублении шпинделя станка, проворачивается, выпадает.

Если теперь внимательно понаблюдать за движением рук человека во время резания ручной разверткой, то окажется, что в каждый момент, когда руки перехватывают рукоятку воротка, развертка останавливается почти в одном и том же месте. В результате в этом месте при равномерном шаге режущих зубьев образуется глубокая риска, задира, ухудшающая качество поверхности. Поэтому ручные развертки делают с нечетным числом зубьев и к тому же с неравномерным их расположением по окружности.

Следующий инструмент, о котором пойдет речь, предназначен для нарезания резьбы в отверстиях и вполне разумно отнесен в группу резьбонарезающих инструментов. В нее входят разнообразные инструменты для получения наружной и внутренней резьбы — метчики, плашки, резцы, специальные головки, накатные плашки, шлифовальные круги и многие другие инструменты.

Своим названием *метчик*, очевидно, обязан старинной технологии выполнения внутренней резьбы. Вкратце, ее суть такова. На плотную, прочную полоску материала — ткани, кожи, бумаги наносились наклонные линии. Затем полоску укрепляли или наклеивали на стенку отверстия и прямые наклонные линии превращались в винтовые. Специальным резцом, закрепленном на длинной рукояти, царапали стенку отверстия по наметченным линиям. Конечно и процесс был достаточно утомительным, и резьба некачественная. Поэтому каждая пара винт-гайка подгонялась индивидуально друг по другу. Ни о какой взаимозаменяемости, свинчиваемости, постоянстве геометрических параметров резьбы не могло быть и речи.

Изготовление резьбовых соединений было под силу только очень искусным мастерам. Взамен резьбы, обеспечивающей разъемность соединения, применялись различные клинья, скобы, штыри, шпоны. Из-за технологических трудностей конструкцию часто вообще дела-

ли неразъемной. Идея стандартизации резьбы принадлежит английскому инженеру Иосифу Витворту. Исследователи истории инструментов описывают ряд способов образования резьбы в отверстиях. Это литье, ввинчивание в отверстие проволоочной спирали.

С развитием техники появился стержень, имевший на граненной поверхности спираль. Таким инструментом еще нельзя было в полной мере образовывать весь профиль нитки резьбы, но удобней было наметать ее расположение, что и определило название инструмента — метчик, «наметчик». В XV—XVI веках их делали трех- и четырехгранными, так как на ребрах легче получались режущие зубья. Характерно, что такой великий инженер, как Леонардо да Винчи серьезно занимался проблемой образования внутренних резьб и разрабатывал метчики.

Что же представляет собой метчик? Прежде всего он очень похож на винт. В принципе это и есть винт, но превращенный в режущий инструмент. Для такого превращения пришлось применить несколько, казалось бы, простых с первого взгляда, но исключительно важных конструктивных решений. Судите сами, можно ли закрутить винт или болт в гладкое отверстие, диаметр которого несколько меньше диаметра стержня с резьбой? Несмотря на все старания, этого не произойдет и резьба не нарежется. Дело упростится, если в начале винта резьбу срезать на конус. Такое простое мероприятие не только создает заборный конус и улучшает центрирование торцевой части винта в отверстии, но и более равномерно распределяет силу резания между витками.

Однако в данном случае резание все же происходит не будет. Ведь для резания, как мы знаем, необходим клин — зубья с передними и задними поверхностями и острыми режущими кромками. Кроме того, образовавшаяся стружка должна удаляться из зоны резания, не препятствуя ему. Почти все эти задачи решаются, если сделать продольные канавки в теле винта. С их помощью образуются передние поверхности и углы, обеспечивается достаточное пространство для стружки и обратное движение винта. Канавки можно сделать прямые — вдоль оси винта или винтовыми с малым углом наклона. Но одних канавок мало. Необходимо еще создать у зубьев соответствующие задние поверхности с

рациональными задними углами, что достигается затылованием заборной части по наружному диаметру.

Вот теперь мы можем сказать, что винт, сделанный из твердого и прочного материала, превратился в инструмент — метчик. Остается только добавить, что коническая заборная часть метчика выполняет основную работу по нарезанию резьбы, за ней идет калибрующая часть метчика, предназначенная для направления инструмента в отверстие, калибрования и зачистки резьбы. Калибрующий участок метчика также имеет конус, но очень незначительный и к тому же направленный в обратную сторону, что уменьшает трение инструмента о материал детали. Вполне понятно, что профиль зубьев на калибрующей части соответствует полному профилю резьбы, в отличие от заборной, режущей части.

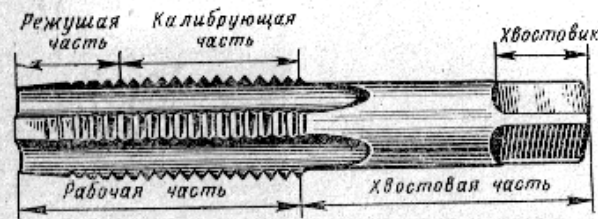
Мы говорим о канавках на метчике, как о важном положительном конструктивном решении, без которого невозможно было бы превратить винт в инструмент. Все это так, канавки нужны. Их даже стараются сделать побольше, но при этом соблюдают меру, так как именно канавки ослабляют тело метчиков и приводят к их частой поломке.

Стремление сделать инструмент прочнее привело к созданию так называемого бесканавочного метчика. Прежде всего заметим, что назвавшие «бесканавочный» не полностью соответствует фактическому положению. На самом деле канавки у бесканавочного метчика есть, но они прорезаны только на небольшой длине, обычно равной двойной длине режущей части. Это особые канавки, так как стружка перемещается по ним по ходу метчика в направлении рабочей подачи. Вперед, а не назад! Такой эффект достигается благодаря прорезке канавок в направлении, обратном направлению резьбы и под углом $10-15^\circ$.

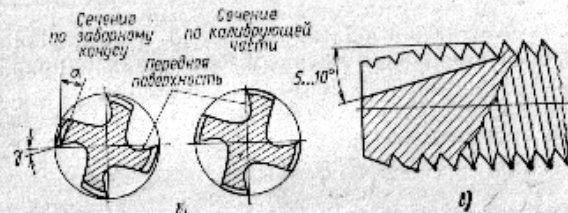
Из-за коротких канавок бесканавочный метчик стал прочнее других метчиков, у которых канавки проходят через заборную и калибрующую части, да еще и немного захватывают хвостовик. Однако не думайте, что бесканавочный метчик являет собой само совершенство. Бесканавочные метчики забивают стружкой глухие отверстия, поэтому их применяют для нарезания резьб в сквозных отверстиях.

Как и развертки, метчики подразделяются на ручные (слесарные) и машинные. Последние прорезают весь

профиль резьбы на всю глубину сразу. Ручные же делят его на две или три части. Соответственно ручные метчики по этой причине изготавливают по две или три, а для крупных резьб и более штук в комплекте на один размер резьбы. Их различают по числу кольцевых канавок, нанесенных на хвостовике: одна — первый номер, начальный, две — средний и т. д. Машинные метчики имеют



a)



b)

Метчики нарезают резьбу в отверстиях:

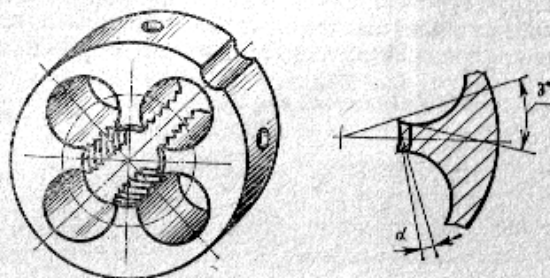
а — общий вид метчика; б — сечения метчика
в — бесканавочный метчик

укороченный заборный конус, немного более глубокие стружечные канавки и специальные места крепления на хвостовиках с тем, чтобы обеспечить быстрый и удобный способ установки метчика в патрон станка. Крупные метчики иногда изготавливают сборными. В корпус крепят несколько пластин гребенчатой формы. Их устанавливают и выверяют по специальным калибрам — кольцам.

Родные сестры метчиков — плашки. Они тоже предназначены для нарезания резьбы, но только на наружных цилиндрических поверхностях.

Плашки имеют режущие зубья с передними и задними углами, сошлифованные на заборных конусах.

Конусов этих два — с обеих сторон плашки, дабы долго не думать, с какой стороны начинать ею работать. А посредине у плашки расположены калибрующие зубья без задних углов и с полным чистовым профилем резьбы.



В отличие от метчиков плашками нарезают резьбы на наружных цилиндрических поверхностях

Плашки отличаются оригинальностью в расположении стружечных канавок. Во-первых, они у них направлены не к оси отверстия или винта, как у метчиков, а в противоположную сторону. Во-вторых, это уже не тесные канавки метчиков, которые так легко забиваются стружкой, а просторные полости.

НЕМНОГО О МАТЕРИАЛАХ

Выше мы говорили с Вами о том, что клин-резец должен быть тверже обрабатываемого материала для того, чтобы быть способным осуществлять процесс резания. Это правило повышенной твердости 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 стоять подешевле. Как видите, требований достаточно много и они все время усложняются и ужесточаются, особенно теперь, в эпоху научно-технической революции.

Однако не думайте, что в каменном веке выбор материала был очень простым. И тогда существовали свои сложности. Ведь, например, техника скалывания, расщепления и ретуши в палеолите и мезолите позволяла использовать только кремнистые породы из группы кварца, которые не везде и не часто встречаются в природе. Орудия из камня, как известно, не были вытеснены медью и бронзой в бронзовом веке из-за недостаточной их твердости. Но зато железо всему поставило точку. Интересно, что оно свой древний путь совершало из Армении, где на северо-восточных склонах горы Ара-рат 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, распространилась 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 при-

шли 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. При этом повысилась и красностойкость инструментов от 220—250°С до 550—600°С. Когда же в 1893 году был получен карбид вольфрама с его высокой прочностью и температурой плавления около 3000°С, то он сразу же привлек к себе внимание в качестве материала будущего. На его основе в смеси с кобальтом появился сплав «победит», который по твердости уступал алмазу и назывался, «как алмаз». Его красностойкость возросла до 900°С, а скорость резания инструментов 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. Снова возврат к камню? Этот неметаллический материал обладал огнеупорностью 2000°С, красностойкостью 1200°С, т. е. на 300°С выше «победита». Изготовленные из этого «камня» микролитовые резцы позволили известному токарю П. Быкову достичь скорости резания при точении 3200 метров в минуту.

Минералокерамические материалы тоже не оказались застывшими в своем развитии. В последнее время начат выпуск новых марок керамики, более стойких и прочных, чем первые. Если Вы встретите какие-то загадочные сочетания цифр и букв вроде У10, ХВГ, Р18, Р9К10, Р6М5, ВК6, Т15К6, ТН-20, ЦМ-332, ВЗ, ВОК-60, то это значит, что перед Вами некоторые представители из обширного мира инструментальных материалов. Теперь сам по себе напрашивается вопрос. А какой же материал лучше? Односложный ответ дать тяжело, так же, как и ответить на вопрос — какой инструмент лучше? Все зависит от многих конкретных условий: технологических требований, от материалов, подлежащих обработке, серийности деталей, наличия станков, квалифицированных специалистов, от экономической целесообразности. Взять, например, требование к шероховатости поверхности. Точение резцом не дает такого высокого качества поверхности, какое обеспечит шлифование, а шлифование в этом отношении уступит по-

лированию. Или что лучше, — сверло или развертка? Если можно обойтись без развертки, то применяют сверло. А когда нельзя обойтись одним сверлом из-за требований к точности и шероховатости поверхности, то и развертка становится необходимой. Так же обстоит дело и с материалами инструментов. Каждому — свой, технически оправданный и рациональный материал.

Итак, инструменты для соответствующих технологических операций механической обработки выбраны. В этом помогли знания, опыт, специальные справочники и нормалы. Теперь остается их получить со склада или сделать самим на машиностроительном предприятии... Конечно, лучше получить инструменты в готовом виде и направить все силы на выпуск необходимой продукции, а на заводе иметь инструментальный цех по заточке и восстановлению инструментов. Однако такая «роскошь» стала возможной в нашей стране только после Великой Октябрьской социалистической революции. До нее инструментальной промышленности в России практически не было и 90% всего потребляемого инструмента ввозилось из-за рубежа. Правда, на оружейных и некоторых машиностроительных заводах, таких как Тульский, Путиловский, Ижевский, Сестрорецкий, Златоустовский, изготовляли инструменты, но это была капля в море потребностей.

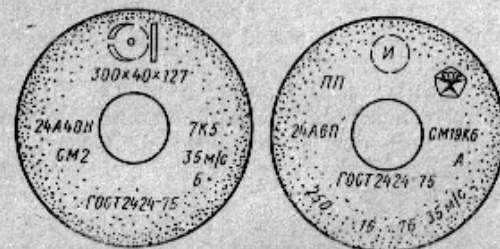
Интересно, что Сестрорецкий завод был основан еще Петром I в 1721 году. Он выпускал холодное оружие, пушки, ядра, а в 1905 году наладил производство штангенциркулей, микрометров и сверл. Лишь в 1916 году в России появился первый специализированный инструментальный завод — Миасский, который стал делать напильники. В этом же году в Нижнем Новгороде было организовано централизованное изготовление деревообрабатывающего инструмента. Поздновато спохватилась Царская Россия, имеющая колоссальные лесные массивы, большой народный опыт и спрос на изделия из дерева!

Только со свержением царизма и с приходом революционного народа к власти стала бурно развиваться инструментальная промышленность. Недаром теперь говорят, что инструментальная промышленность является детищем Советской власти. Так в 1918 году был создан московский инструментальный завод по выпуску метчиков, фрез, разверток. В 1921 году на базе мастерской

по пересечке напильников организован Луганский напильный завод им. Рудь, а в 1931 году — Серпуховский завод. Один из крупнейших в мире завод режущих инструментов «Фрезер» им. М. И. Калинина был построен в 1932 году, а за два года перед тем были утверждены и первые общесоюзные стандарты на инструментальные стали.

ИНСТРУМЕНТЫ ИЗ АБРАЗИВОВ

Посмотрите на торцовую поверхность шлифовального круга. Какие-то непонятные значки, цифры, буквы яркой краской нанесены то тут, то там. Что они обозначают, для чего их пишут на каждом из множества шлифовальных кругов? Оказывается, что знаками записана характеристика шлифовального круга, его паспорт. Ведь должны инструментальщики рас-



В цифрах, буквах и знаках на кругах таятся важные сведения об инструментах, надо только уметь их расшифровать

сказать об инструменте все, что может понадобиться для правильного выбора условий его эксплуатации! А мно- го ли напишешь словами на шлифовальном круге? По- неволе приходится пользоваться криптограммами — ус- ловными значками, поставленными в определенной по- следовательности.

Каждый рабочий, взяв в руки инструмент, должен уметь раскрыть тайну записи, ибо от этого зависит не только качество работы. Ведь для абразивных кругов строго установлены допустимые скорости вращения, пра- вила выбора твердости, формы и других характеристик. Перепишем же знаки с двух наших кругов и попробуем разобраться, что они означают, предварительно пере- группировав их по идентичности.

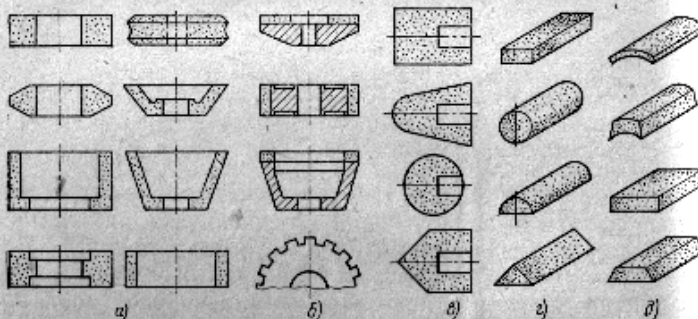
ПП 24А 40Н СМ2 7 К5 35 м/с Б 300×40×127
ГОСТ 2424—75

ПП 24А 6П СМ1 9 К6 35 м/с А 250×16×76
ГОСТ 2424—75

Теперь, вооружившись справочными пособиями, приступим к разгадке тайны кода.

Итак, на кругах изображены три знака. Два из них представляют собой товарные знаки Волжского и Ленинградского „Ильич” абразивных заводов, изготовляющих шлифовальные круги. Круг с маркой завода им. „Ильич” украшается почетным пятиугольником Государственного Знака качества — символом высокого качества инструмента. В нашей стране абразивные инструменты изготавливаются целым рядом мощных, хорошо оснащенных и организованных предприятий. Каждый из заводов обозначает продукцию своим, оригинальным товарным знаком, своей заводской маркой.

В следующей колонке буквы ПП. Это условное обозначение формы шлифовального круга. ПП — плоский круг прямого профиля. Многообразна номенклатура форм шлифовальных абразивных инструментов — шлифовальных кругов, головок, брусков и сегментов.



Разнообразны современные инструменты для абразивной обработки:

а, б — шлифовальный круг, в — головка, г — брусок, д — сегмент

Абразивные заводы выпускают плоские круги с прямым и коническим профилем, с выточками и без них, круги-кольца, круги-чашки, напоминающие по форме восточную пиалу для чая, и многие другие.

Форма абразивного инструмента обозначается сочетанием букв и цифр или только буквами. С одним обозначением ПП мы уже познакомились выше. Приведем еще несколько.

Плоские шлифовальные круги конического профиля, используемые для заточки пил, обозначаются ЗП, круги-чашки конические — ЧК, тарельчатые круги кодируются буквой Т, а шлифовальные головки маркируют буквой Г с добавлением букв или цифр. Например, цилиндрическая шлифовальная головка обозначается маркой ГЦ, коническая, с углом конуса 60 градусов — ГК 60°, шаровая — ГШ. Такой же подход принят и в обозначении форм брусков и сегментов. Так, квадратный шлифовальный брусок обозначается буквами БКз, трехгранный — буквами БТ, полукруглый — БПкр, плоский сегмент маркируется буквами СП.

Но что это за код 24А, написанный на торцевой поверхности круга? Это обозначение марки абразивного материала. Достаточно нам сделать маленький экскурс в богатую и чудесную страну абразивных материалов, чтобы понять, насколько разнообразны ее обитатели. Здесь и природные камень, корунд, наждак, гранат, алмаз, и полученные искусственным путем карбид бора, зеленый и черный карбиды кремния, нормальный, белый, хромистый электрокорунды, монокорунд и даже сфорокорунд не в виде первичных острых зерен, а маленьких пустотелых сфер, которые обязательно должны лопаться при шлифовании и обнажать острые режущие кромки.

В почетную семью уникальных шлифовальных материалов, кроме синтетических алмазов, входят его достойные соперники, созданные на основе нитрида бора — вещества, во многом похожего на графит. Уже синтезированы новые сверхтвердые инструментальные материалы, такие как кубический нитрид — кубонит и эльбор, поликристаллический нитрид бора, гексанит. Все они, как и алмазы, создаются при чрезвычайно высоких температурах и давлениях.

В последние годы в состав этой «команды чемпионов» с почетом принят новый материал, названный фианит. Вот некоторые его особенности. Если алмаз при 1500°С превращается в графит, то фианит выдерживает температуру до 2700—2800°С. Он не поддается воздействию даже самых сильных кислот и щелочей.

Инструментальщики условно разделяют все абразивные материалы на три группы — высокой, средней и низкой твердости.

К первой группе относят те, у которых твердость, измеренная по шкале Мооса, оказывается выше семи единиц. Прежде всего это алмаз. Его твердость равна десяти единицам. Кроме него в эту группу входят: эльбор, карбид бора, карбид кремния, электрокорунд, природный корунд и наждак. Во вторую группу включены: кварц, кремнь, агат, гранат, полевой шпат, гранит, базальтовые лавы. Их твердость колеблется в пределах от пяти до семи единиц. Последнюю группу составляют: трепел, диатомит, опока, крокус, мел, тальк. Самый мягкий — тальк. Его твердость равна единице.

А по крупности зерен абразивные материалы разделяют на группы: шлифзерно, шлифпорошки, микропорошки, тонкие микропорошки и обозначают номером зернистости, соответствующим наибольшему размеру стороны ячейки сита, через которую проходит зерно. Например, номеру зернистости 200 соответствуют зерна, крупность которых находится в пределах от 2500 до 2000 микрон. Всего установлено одиннадцать групп зернистости шлифовальных зерен от номера 200 до номера 16, семь групп шлифовальных порошков от номера 12 до номера 3, и по шесть групп микропорошков от номера M63 до M14 и тонких микропорошков от номера M10 до M1.

Выше уже упоминалось о том, что качество шлифовального материала, его режущие свойства характеризуются абразивной способностью. Если, например, зернами одинакового номера зернистости, но из разных материалов, царапать стекло, то за одно и то же время природный алмаз срежет 0,770 граммов, искусственный — 0,700 граммов, эльбор — 0,600 граммов, карбид бора 0,500 граммов, карбид кремния зеленый — 0,450 граммов, электрокорунд нормальный — 0,145 граммов, корунд — 0,135 граммов, наждак — 0,105 граммов.

Но как определить, из какого материала изготовлено абразивное зерно? Как разобраться во всем многообразии природных и искусственных минералов, применяемых при изготовлении абразивных инструментов? Из каких зерен состоит конкретный инструмент? На эти все вопросы можно легко ответить, если знать систему условных обозначений, которые наносят на упаковку сыпучих

абразивных материалов или непосредственно на инструменты, изготовленные из них.

Система очень проста. Вот некоторые обозначения, относящиеся к основным видам абразивных материалов: алмаз природный маркируется буквой А, синтетический алмаз — сокращением букв АС. Кварц обозначен буквами КВ, кремнь — Кр, эльбор — Л. Марки искусственных минералов обозначают цифрами и буквами. Электрокорунд и его различные модификации тоже присвоена буква А. Но, в отличие от обозначения алмазов, в марках электрокорунда буква А стоит за цифрами, условно обозначающими конкретную модификацию электрокорунда. Так, например, запись 12А обозначает электрокорунд нормальный, 24А — электрокорунд белый, 32А — хромистый, 91А — хромотитанистый.

За обозначением типа материала идут коды, обозначающие номер зернистости, т. е. крупность абразивных зерен. И об этом уже шла речь. Здесь лишь укажем, что круг из города Волжска изготовлен из более крупных зерен — около 40 микрон, чем тот, который привезен из Ленинграда — около 6 микрон.

Но вот запись, ранее не встречавшаяся. Буквами СМ2 и СМ1 обозначена твердость шлифовального круга. Что же это за твердость? Прежде всего заметим, что она не представляет собой твердость самих абразивных материалов, из которых состоит инструмент, а характеризует способность связки сопротивляться вырыванию абразивных зерен с рабочей поверхности под воздействием внешних сил. Получается, что твердость абразивного инструмента оценивается прочностью закрепления абразивных зерен в связке. Весьма логично. Кому нужны зерна, выпавшие из круга, как и сам круг без зерен?

Существует несколько методов измерения твердости абразивных инструментов. Абразивные инструменты сверлят, истирают с помощью ультразвука или вибраций, вдавливают в них стальные шары. Но чаще всего для контроля твердости абразивного инструмента используют песок. Струю водно-песчаной смеси направляют на поверхность шлифовального круга под постоянным углом и с постоянным давлением, выдерживая строго определенное время. Песчинки, соударяясь с испытываемой поверхностью, выбивают из связки круга абразивные зерна, создавая в этом месте лунку. По раз-

мерам лунки и оценивают в некоторых случаях степень твердости.

В результате абразивный инструмент может быть мягкий и обозначается буквой М, среднемягкий — СМ, средний — С, среднетвердый — СТ, твердый — Т, весьма твердый — ВТ и чрезвычайно твердый — ЧТ. В каждой группе имеются промежуточные градации твердости, обозначаемые дополнительными цифрами.

Твердость абразивного круга очень влияет на производительность процесса и качество шлифования. Например, мягкие круги лучше работают при обработке твердых сплавов, а детали, изготовленные из более «мягких» материалов, да к тому же и с прерывистыми поверхностями, обрабатывают твердыми кругами.

Очередной цифрой в характеристиках кругов обозначены номера структур. В круге завода «Ильич» ее номер 9, а в Волжском — 7. Что они означают? Уже упоминалось о том, что абразивные зерна объединяют в единое твердое тело — абразивный инструмент с помощью специальных веществ-связок. В каждом шлифовальном круге, бруске или сегменте значительную часть объема занимают связующие вещества и поры между зернами. Попросту говоря, абразивный инструмент по своему внутреннему строению напоминает губку. Соотношение объемов шлифовального материала, связки и пор в абразивном инструменте и называют структурой абразивного инструмента. Имеется даже специальная шкала структур, которая состоит из двенадцати номеров. Чем выше номер, тем меньше зерен в круге. Например, у круга с первым номером структуры объем, занимаемый зернами, равен 60 процентам, у номера 12 — 38 процентам, у номера 6 — 50 процентам.

Вот, например, как распределяются объемы составляющих частей в процентах у шлифовального круга шестого номера структуры: зерна — 50, связка — 11, поры — 39.

Чем выше номер структуры, выше степень открытости структуры, тем лучше таким инструментом обрабатывать вязкие материалы и тем легче изнашивается круг. Это очень важное качество инструмента, так как абразивное зерно не может долго сохранять свои режущие свойства. Оно притупляется и начинает портить поверхность шлифуемой детали, сводя на нет работу других зерен. Поэтому изношенное зерно должно от-

делиться от инструмента и дать возможность вступить в работу следующему за ним зерну абразива.

В шлифовальном круге зерна соединяются в единое твердое тело с помощью связывающих веществ, которые по своей природе могут быть неорганического и органического происхождения. Наибольшее применение получили неорганические керамические связки, условно обозначенные буквой К. Керамические связки наилучшим образом ведут себя при выполнении большинства шлифовальных работ, но не выдерживают, когда нужно обработать узкий паз в детали или выдержать удар при обработке прерывистых или грубых поверхностей. Круги на керамических связках не обеспечивают получение поверхности высокого качества, особенно в тех случаях, когда речь идет о сложных контурах кулачков, резьбах, сферах, сложных профилях режущих инструментов, когда кроме «грубой силы» инструменту необходимо проявить некоторую «гибкость», «умение» войти в профиль, не искрошиться в тонких переходах, сохранить «свое лицо» до конца обработки поверхности. Особенно это важно в инструментальном производстве при изготовлении сложнопрофильных режущих или измерительных инструментов, рабочих органов штампов, пресс-форм, моделей, заточке инструментов с тонкими лезвиями, в производстве шариковых подшипников, распределительных валов автомобильных и тракторных двигателей и во многих других случаях.

И тут на помощь производственникам приходят органические связки. Они решают те задачи, которые не под силу неорганическим связкам. Органические связки весьма разнообразны, например, могут быть бакелитовые, вулканитовые и эпоксидные. Им даже присваивается имя в честь основного компонента. Например бакелитовая связка обозначается буквой Б, а вулканитовая — В.

Теперь-то стало понятно содержание записей К5 и К6 в приведенных ранее характеристиках кругов. Эти знаки означают, что круги изготовлены с использованием пятой и шестой модификаций керамических связок.

Очередная группа цифр, записанная в строках характеристик кругов 35 метров в секунду, означает не что иное как максимально допустимую скорость вращения шлифовального круга. Именно на такую рабочую ско-

рость рассчитана прочность связи. Не будет выполнено это требование, увеличится скорость — круг разорвется и его части, разлетаясь во все стороны, могут наделать множество бед. Поэтому, помимо ограничения скорости вращения кругов, применяют в обязательном порядке и специальные ограждения. Без них запрещается работа на станках. В настоящее время выпускаются скоростные круги для абразивной разрезки металлических заготовок. Такие круги могут работать при скорости 80 метров в секунду. Для прочности связки у них армируется специальными волокнами. Маркировка даже учитывает сбалансированность и точность зернового состава, что обозначается буквами А, Б.

Промышленность выпускает абразивные инструменты многих размеров. Шлифовальные круги прямого профиля изготавливают от 3 до 1060 миллиметров в диаметре и толщиной от 1 до 250 миллиметров. В нашем примере наружный диаметр круга, изготовленного заводом «Ильич» равен 250 миллиметров, ширина 16 миллиметров, а диаметр внутреннего посадочного отверстия составляет 76 миллиметров.

А теперь попробуем представить себе скорость 35 метров в секунду. Прежде всего, это 126 километров в час, т. е. скорость современного легкового автомобиля. Для сравнения покажем, что муха летит со скоростью 2 километра в час, шмель — 5, стрекоза-анакс — 8, пчела пролетает 10—20 км в час, слепни — 40, бабочки-бражники — около 60, а реактивный пассажирский самолет — 900 км/ч. Но эти цифры трудно сравнивать между собой, так же, как и оценить грузоподъемность муравья на фоне громадного минского самосвала. Вот, если бы все перевести на единицу длины тела, то тогда соревноваться по прыжкам в высоту могли бы и спортсмены небольшого роста и даже получать в своей группе чемпионские титулы. Кто знает, может быть их показатели, отнесенные к такой единице, выглядели бы солиднее показателей высоких спортсменов? Перешагнуть ведь легче, чем перепрыгнуть! «Заложить» мяч в кольцо, даже не вставая на носки, куда проще, чем его «забросить», находясь где-то вверху, да еще и в прыжке. Но это уже не наша компетенция. А жаль!

Однако лучше попробуем сделать то, что нам под силу и определим, сколько укладывается длин тела в расстояниях, преодолеваемых за одну минуту. Вот что

получается: грузный и сильно жужжащий шмель пролетает в минуту расстояние, в которое укладывается 10 000 длин его тела, быстрый слепень — 50 000 длин, ворона — 1700 длин тела от клюва до хвоста, скворцы 6180, а чижи 8300, реактивный самолет — 1500, мчащийся с нарушением правил автомобиль — 500—600. Наш же круг, если его развернуть, за одну минуту преодолевает 2625 «длин» своего периметра. В общем у него дела обстоят получше, чем у вороны, и совсем отлично по сравнению с реактивным пассажирским самолетом!

Вот как много важных и нужных сведений оказались зашифрованными в скромных знаках. Знаки помогли приоткрыть разнообразный мир абразивных кругов.

Абразивная обработка осуществляется не только быстро вращающимися шлифовальными кругами, но и с помощью брусков, совершающих одновременно возвратно-поступательное и вращательное движения. Эти *абразивные бруски* находятся в специальном корпусе-оправке и имеют возможность несколько раздвигаться, увеличивая диаметр инструмента, называемого хонем. Хоны имеют разнообразную конструкцию, но все они чаще всего предназначены для отделочной обработки отверстий, например, зеркала цилиндров двигателей внутреннего сгорания. Хоны не простой инструмент и требуют не только качественного подбора абразивных брусков, смазки, но и специальных станков. Для получения очень гладких поверхностей, а не доведения их до заданного размера, как в случае хонингования, применяют абразивные бруски, которым задается осциллирующее движение при вращательном и поступательном движениях детали. Такой процесс обработки называют суперфинишированием, который позволяет получить в буквальном смысле зеркальные поверхности при снятии слоя 5—10 микрон, гораздо меньшего, чем при хонинговании.

Часто абразивными брусками пользуются и вручную, подбирая их из слесарных наборов. С помощью таких брусков заправляют, подтачивают режущие кромки инструментов, доводят детали до необходимых размеров, снимают заусенцы, делают фаски. Казалось, здесь все ясно и вроде бы изобретать нечего. Но то, что было придумано человеком в неолитическую эпоху, и сейчас достойно самого высокого уважения. Абразивный инструмент из Верхоленска состоит из двух симмет-

ричных половин, которые, скорее всего, зажимались в руке. На внутренних поверхностях этих брусков сделаны конусные канавки, предназначенные для получения иголок, шильев и накопечников. Для вышлифовки острия иголка, например, вводилась в это углубление, оба бруска сжимались, далее начиналось вращательное и поступательное движение инструмента или «детали» с добавлением воды, которая прекрасно поступала сквозь щели и даже выносила из зоны обработки абразивную массу и измельченный материал припуска «детали». В результате появлялись на свет иголки, похожие друг на друга, как сиамские близнецы. Жаль, что в современных наборах хотя бы для лабораторного или домашнего использования нет таких оригинальных брусков.

А теперь уделим немного внимания шлифовальным шкуркам. В принципе их аналогию применяли с незапамятных времен, в виде кусков кожи животных с внедренной абразивной пылью, песком и жиром, или брали шершавые кожи рыб. Оставив за шлифовальной шкуркой ради воспоминания ее название, ее превратили в инструмент. Итак, на гибкую основу слоями нанесены и крепко прикреплены абразивные зерна требуемой величины и материала. В зависимости от материала основы и свойств связки различают бумажную, тканевую, комбинированную, фибровую, шлифовальные шкурки на водостойкой, неводостойкой и термически стойкой видах связки. Поэтому маркировка шкурки состоит из товарного знака завода-изготовителя, вида и размера шлифшкурки, марки и номера зернистости абразивного материала, наклейного на ее поверхности, номера партии и номера стандарта. На каждом рулоне, пачке или кипе наносят те же данные, а также вид и марку клея, степень жесткости шкурки, дату изготовления и штамп ОТК. И хотя шкурки и не выглядят так солидно, как шлифовальные круги, тем не менее они очень нужны машиностроителям и многим другим специалистам, занимающимся обработкой разнообразных материалов.

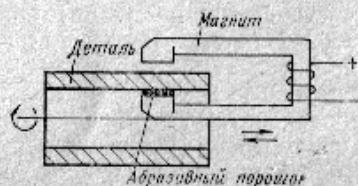
Но, пожалуй, большего почета у машиностроителей добились пасты. Они просто незаменимы при доводочных и притирочных работах высокого класса и точности и особенно, когда дело приходится иметь с очень твердыми материалами.

Пасты, применяемые в современном машиностроении, весьма сложны по своему составу. Прежде всего они содержат специально подготовленные и просеянные на требуемую величину абразивные зерна. Для тонких доводочно-притирочных работ используют микропорошки размерами от 63 до 3 микрон, а иногда и меньше с соответствующим их обозначением М63, М14, М5 и даже М1. Помимо абразивных материалов, с которыми мы уже познакомились, берут и другие минералы и окислы: мел, пористую пензу, окись алюминия и окись хрома. Кроме того, к ним добавляют поверхностно-активную олеиновую кислоту, стеарин, пчелиный воск, парафин, солидол, индустриальное масло, глицерин, костное масло, канифоль, скипидар, керосин и этиловый спирт и многое другое. Конечно, не все сразу, а только вполне определенные, задуманные и в нужных пропорциях. В результате получаются пасты от «черновых» и «чистовых» до «окончательных» и даже «сверхтонких». Например, в «сверхтонкую» пасту «Харьков-ДМ1» входит электрокорунд хромистый в микропорошке М1, олеиновая кислота, стеарин, парафин, специальный раствор и разбавитель.

Как мы уже установили, абразивные инструменты и методы обработки имеют свои истоки в глубокой древности. Шлифование и полирование с помощью различных каменных пород, твердых плит, кругов, песка, мелкой абразивной пыли с добавлением воды и жира в принципе применяют и теперь.

Но наш век сказал и свое слово. Так, например, появилась абразивная обработка в магнитном поле. По этому интересному методу уже не шлифовальный круг давит на деталь, а магнитное поле воздействует на ферромагнитные частицы с силой, вполне достаточной для тонкого абразивного шлифования. Получается, что магнитное поле формирует из порошковой ферромагнитной массы своеобразный режущий инструмент, который можно настроить на любой режим работы, изменяя напряженность магнитного поля. Мало того, частички, связанные силовыми линиями, быстро разобщаются при выключении тока и инструмент как бы ликвидируется. Посмотрите, как обрабатывается втулка с помощью абразивных частичек и электромагнита.

В простоте и оригинальности этого метода есть и своя тонкость. Попробуйте на всем известный морской



Под действием магнитного поля ферромагнитный порошок становится твердым абразивным инструментом

или речной песок воздействовать обычным постоянным магнитом: песчинки в присутствии магнита даже не шелохнутся. Как же быть? Ученые и инженеры пошли пока по двум путям. Первый путь очень простой: делают смеси из обычных абразивных порошков с добавлением ферромагнитных опилок, частичек железа или бариевых ферритов. Именно ферромагнитные частички реагируют на постоянное или переменное магнитное поле и втягивают в работу немагнитные абразивные зернышки. Так и делают абразивные порошки из корунда, карбида кремния, карбида бора и алмаза. Но есть и другой путь, посложнее. Он заключается в том, что ферромагнитные и немагнитные материалы объединяют вместе уже не в виде механической смеси, а специально спекают. В результате получаются зерна из пористого железа, из которого во все стороны торчат острые абразивные частицы.

ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Нельзя представить себе человека, которому не нужно было бы производить в повседневной жизни какие-нибудь, хотя бы самые простые измерения длины, веса, площади, объема. Возникшие в глубокой древности практические потребности измерений привели к появлению самых разнообразных мер. Локоть, двойной локоть, ладонь, маховая сажень, косая сажень, пядь малая и великая, фут, дюйм, ярд, стадий, аршин, верста, миля — далеко не полный перечень мер длины и расстояний, бытовавших у разных народов. Если к этому добавить некоторые меры площади, веса, массы, емкости — югер, грядка, колодез, дым, рало, десятина, соха, гран, карат, талант, мина, сикль, ласт, пуд, фунт, унция, драхма, бочка, штоф, которыми пользовались люди в древности и в недалеком прошлом, то станут понятными не только изобретательность тех или иных народов, но и сложность конкретных расчетов и определений.

Взять хотя бы аршин древней Руси, который у персов назывался «арш» — локоть. На Руси толком никто не знал его точную длину. Поэтому каждый считал свой аршин самым правильным и с ним ходил на базар. Купцы же продавали товар, отмеряя его опять-таки своим аршином. Нетрудно себе представить ситуации, в которых оказывались продавец и покупатель. Но это — полбеды. Похуже, если необходимо было вернуть долг, измеряемый слишком большим аршином...

Характерным примером может послужить и «стадий», введенный в употребление вавилонянами. Эта мера длины использовалась также греками, египтянами и римлянами. Стадий равнялся расстоянию, которое человек может пройти спокойным шагом от момента появления первого луча восходящего солнца до того момента, когда весь солнечный диск целиком окажется над горизонтом. За эти две минуты римляне проходили около 185 метров, греки — 192 метра, вавилоня-

не — 194 метра. Стадий делился на равные части — локти. Вавилонский стадий состоял из 360 локтей. Длина такого локтя приблизительно равнялась 54 сантиметрам. Длина же египетского локтя оказалась равной 52,7 сантиметрам. И здесь нет равенства.

Мы уже говорили о некоторых мерах. Хранение их эталонов у всех народов было делом особой важности и чести. Так, образцовые меры длины хранились в Египте в храмах, в Риме — в правительственных учреждениях. Копии с них выставлялись в местах публичных собраний. В Риме на Капитолийском холме, в высших правительственных и религиозных учреждениях государства существовали доступные для обозрения и сравнения эталоны мер. В Англии эталоны мер длины были встроены в стену здания, где заседал парламент. Ныне образцы мер длины выставлены на Трафальгарской площади в Лондоне. Образцы старинных французских мер длины были изображены на стене дворца Шатле в Париже. В стену здания министерства юстиции в Париже в настоящее время встроены эталоны мер длины метрической системы. В Древней Руси еще в 1134—1135 годах Новгородский князь Всеволод Мстиславович особой грамотой поручает церкви Ивана на Предтечи на Опоках наблюдение за верностью мер. В подвалах Ивановской церкви, ставшей как бы законодателем мер, хранились эталон длины и веса «скалвы вощеный, пуд медовый и гривенка рублевая и локоть еваньский».

Древним эталоном длины, имеющим форму штрихового измерительного инструмента, считается и масштабная линейка, вырезанная на доске, лежащей на коленях статуи вавилонского царя Гудеа, правившего в городе Уре. Эта фигура из синего камня диорита найдена в прошлом веке на территории Ирака. Ее создание относят примерно к 2000 году до нашей эры. Но это не была знакомая каждому из нас обычная метрическая линейка, а линейка, по которой один царский вавилонский локоть состоял из 30 пальцев (примерно 54 сантиметра), а двойной стадий был равен 60—12 локтей.

Все пробивает себе дорогу в трудностях. Не легко утверждалась и метрическая система. Только в 1872 году Международная комиссия метра утвердила эталон метра, изготовленный из сплава, состоящего из

90 проантов платины и 10 проантов иридия, в виде стержня, разрез которого напоминает букву Х. К 1889 году под наблюдением Международной комиссии было изготовлено 34 эталона метра — точных копий международного прототипа. Они были розданы странам — участницам Международной конвенции метра. России достался эталон метра № 28, хранящийся во Всесоюзном научно-исследовательском институте метрологии им. Д. И. Менделеева в городе Ленинграде.

Окончательное решение вопроса о принятии в России метрической системы единиц было положено постановлением Совета Народных Комиссаров 14 сентября 1918 года под председательством В. И. Ленина.

Вплоть до введения международной системы единиц (СИ) метр был основным эталоном меры длины на территории СССР. Напомним, что система СИ предусматривает в качестве прототипа метра длину волны криптона.

Как же перенести точность эталона в повседневную практику, использовать в производстве для измерения размеров деталей машин, различных приборов, предметов? Это осуществляется с помощью копий метра или его долей, выполненных с различной степенью точности, в зависимости от уровня обращения. Например, в метрологической лаборатории на предприятии могут пользоваться образцовыми концевыми мерами длины и углов четвертого разряда. Их точности оказывается достаточно, чтобы по ним сверять точность всех контрольных и рабочих измерительных инструментов, действующих на всех рабочих местах. В свою очередь эти меры сверяют с более точными мерами.

Однако, чтобы измерить предмет, мало знать меру длины. Нужно еще иметь один предмет или устройство, с помощью которого можно было бы сравнить длины измеряемого предмета с эталоном меры длины. Нужен измерительный инструмент. По существу, вся наука об измерениях сводится к этому процессу: установлению меры и изысканию способов сравнения с нею. Повышение точности и неизменности меры влечет за собой повышение точности методов сравнения с нею, усложнение конструкции измерительных средств и приборов.

Измерения могут производиться с помощью таких инструментов, которые позволяют непосредственно прочесть результат на шкале, оценить результат по пока-

заниям прибора-мерителя. Это так называемые прямые измерения. К ним относятся измерения линейкой, рулеткой, штангенциркулем, микрометром, измерение углов угломерами. Но не всегда удобно и просто измерить заданную величину методами прямых измерений. Например, достаточно сложным окажется инструмент для измерения длины дуги. В этих случаях измеряют не заданную величину, а другую, связанную с ней, но которую измерить можно проще, быстрее и точнее. В нашем примере длину дуги можно определить, измерив длину хорды. В отличие от методов прямых измерений, о которых шла речь выше, эти способы носят название косвенных измерений.

Любое измерение может производиться абсолютным или относительным методами. При абсолютном методе измерений размер непосредственно определяют, прочитывают по показаниям прибора или измерительного инструмента, например, длину стола по числу штрихов на линейке. Однако знать численную величину размера нужно не всегда. Часто достаточно установить, не вышел ли размер за пределы допустимых отклонений. При этом значительно упрощается проведение измерений, снижается их трудоемкость, становится дешевле и проще измерительный инструмент. Например, чтобы определить годность отверстия, достаточно воспользоваться двумя гладкими валиками, из которых один будет чуть больше другого. Разница в диаметрах валиков должна соответствовать величине допускаемой ошибки, или иначе говоря, допустимому отклонению от номинального размера. Отверстие будет считаться годным, если «тонкий» валик войдет в него свободно, а «толстый» — не войдет. В этом случае говорят, что размер отверстия находится в допустимых пределах отклонений относительно номинального размера, установленного расчетом и указанного на чертеже. В этом суть относительного метода измерений.

Между измерительными инструментами, используемыми при абсолютном и относительном методах измерений, существует принципиальное отличие. Оно состоит в том, что инструменты и приборы для абсолютных измерений универсальны. Ими можно измерить любой размер в пределах их габаритных размеров с практически достижимой точностью. Напротив, инструменты и приборы для относительных измерений узко специали-

зированны. Их изготавливают или настраивают для контроля только одного, заранее заданного размера или профиля поверхности.

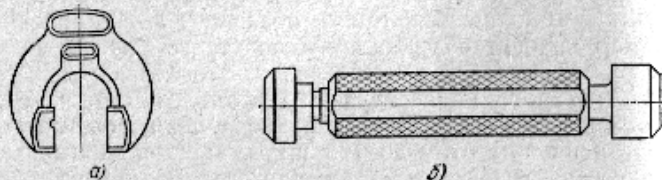
Таким образом, служба надзора за единством мер действует на основе строгой, научно-обоснованной системы учета, хранения и эксплуатации эталонов мер и их копий различных категорий.

Наибольшее применение получили меры длины, исполненные в форме прямоугольных плоскопараллельных стальных пластин и плиток сечением 9×30 и 9×35 миллиметров и длиной от 0,3 до 1000 миллиметров. Плитки выполняются таким образом, чтобы рабочий размер каждой содержал в себе строго определенное число миллиметров или его долей. Это позволяет, комбинируя набор из нескольких плиток, собрать из них блоки любого номинального размера. Плитки комплектуют в наборы от 9 до 103 штук. Измерительные поверхности плиток тщательно шлифуют, полируют и доводят до такого состояния, при котором возможно проявление сил молекулярного сцепления. Они и соединяют поверхности с такой прочностью, которая вполне обеспечивает возможность проведения различных манипуляций при работе с блоком. Часто блоки устанавливают в специальные зажимы — струбины, облегчающие пользование ими. Таким образом, далекая от нас мера длины становится конкретным рабочим измерительным инструментом, без которого сегодня не может обойтись ни одно металлообрабатывающее предприятие, научно-исследовательский институт или лаборатория.

Современное производство развивается на основе углубленной специализации и укрупнения промышленных предприятий, расширения кооперации между ними. По существу, одну, даже самую простую, машину, не говоря уже о таких сложных изделиях, как самолет или автомобиль, ныне производят сотни специализированных заводов. Каждый из них делает свое, узкоспециализированное изделие — болт, гайку, мотор в сборе, прибор, зубчатые колеса. И все это необходимо изготовить так точно, чтобы в конце концов собрать в единое изделие. Для обеспечения взаимозаменяемости частей сложнейших современных изделий требуются исключительно точные калибры и шаблоны.

Калибры — это бесшкальные инструменты, позволяющие определить относительным методом 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. Один из них, тот, что поменьше, называют проходным, другой — непроходным. Предельные калибры могут иметь форму гладких или фасонных, шлицевых или резьбовых валиков, различных колец, скоб, шаблонов и их комбинаций. Как правило, калибры изготавливают для измерения только одного размера



Калибры — скобы (а) и пробки (б) позволяют быстро распределить детали на две группы: годные и брак

или формы поверхности. Такие калибры называются жесткими. В отличие от них существуют конструкции регулируемых калибров — скоб, колец, пробок. В них рабочие элементы, несущие на себе мерительные поверхности, могут устанавливать на любой в пределах регулировки размер и жестко укреплять в заданном положении. Регулируемые калибры особенно распространены в условиях мелкосерийного производства, где частая сменяемость изделий делает экономически невыгодным использование жестких измерительных инструментов.

Идея относительных измерений легла в основу создания многих весьма сложных регулируемых приборов, встраиваемых непосредственно в кинематическую схему станков, контролирующих размер поверхности в процессе ее обработки, анализирующих результаты измерений и на их основе разрабатывающих и передающих команды на органы управления станков. Такие приборы для активного контроля совместно с приборами регулировки мощности привода, скорости подачи, глубины резания образуют сложные системы адаптации станка, то есть его приспособляемости к заданным условиям точности и производительности. Прибо-

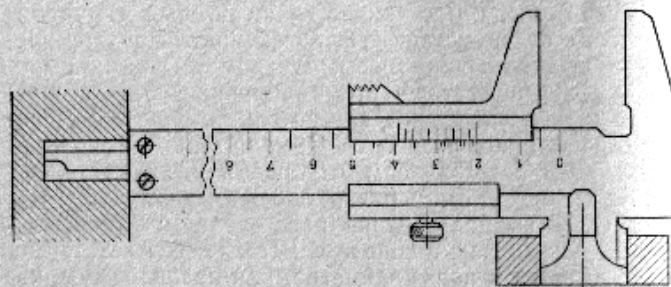
ры активного контроля сейчас являются неотъемлемой частью любой автоматической линии, любого станка с числовым программным управлением.

Больше других распространены универсальные измерительные инструменты, штриховые и микрометрические. Штриховыми инструментами каждый из нас пользуется в быту, на работе, во время учебы. Это линейки, рулетки и складные метры, различные угольники и транспортиры, целое семейство штанговых и микрометрических инструментов — штангенциркули, штангенрейсмасы, штангенглубиномеры, микрометры, микрометрических инструментов — штангенциркули, штангенрейсмасы и многие, многие другие инструменты, несущие на себе штриховую шкалу. Обычно шкала выполняется так, чтобы расстояние между осями штрихов — «интервал деления» — было равно одному миллиметру. Часто для удобства пользования расстояние между основными штрихами делают пополам. Штрихи, соответствующие цене деления в полмиллиметра, как правило, чуть короче, что значительно облегчает отсчет значения размера.

Однако в практической деятельности машиностроители не довольствуются точностью отсчета размера по миллиметровой шкале. Чтобы увеличить возможности штриховых инструментов, пользуются устройством, которое называют нониусом. Это небольшая шкала, линейная, круговая или угловая, у которой расстояние между двумя соседними штрихами немного меньше, чем на основной шкале, нанесенной на штанге или линейке измерительного инструмента. Отсчет размера при помощи нониуса ведется очень просто. Сначала прочитывается целое число штрихов по основной шкале до того места, с которым совпало начало шкалы нониуса. Это и будет целая часть численного значения размера. Затем смотрят, какой из штрихов нониуса совпадает с любым штрихом основной линейки, определяя тем самым более точно размер.

Простейший штанговый штриховой измерительный инструмент — *штангенциркуль*. Основной его частью является штанга — линейка, на которой нанесена миллиметровая шкала. К линейке прикреплена поперечная планка, окончание которой выполнено в виде точной плоскопараллельной пластины — губки. Вторая, подвижная губка представляет собой одно целое с рамкой, скользящей по штанге. На рамке укрепляется неболь-

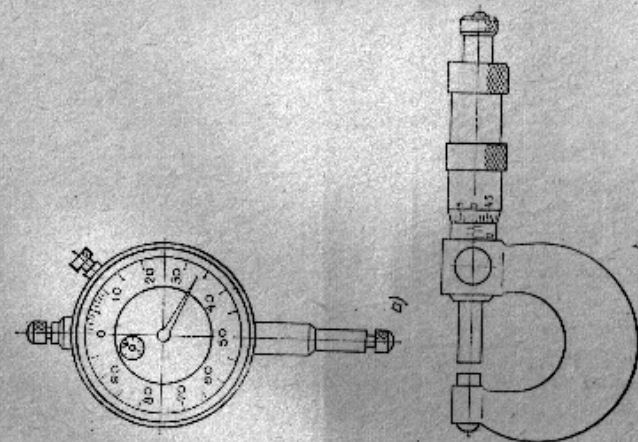
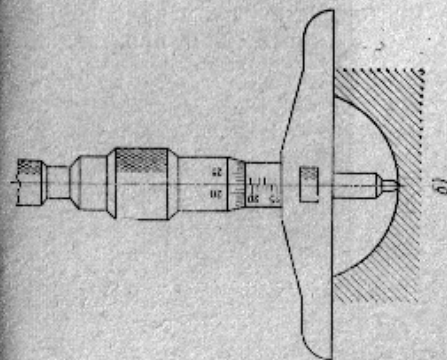
шая линейка — нониус. Некоторые конструкции штангенциркулей имеют по две подвижные и неподвижные губки. Одна из пар губок используется для измерения наружных, другая — внутренних поверхностей, например, диаметров отверстий или применяется в качестве разметочного инструмента. Для точной подачи разметочных губок при настройке штангенциркуля на размер



Трудно представить себе современного рабочего-станочника без штангенциркуля

рамка соединяется с кареткой тонкой подачи, снабженной винтовой парой с небольшим шагом резьбы.

Штанговый штриховой инструмент при всей своей простоте не обеспечивает измерение с точностью более чем 0,02 миллиметра. Поэтому, для более точных измерений используют микрометрический штриховой инструмент, например, *микрометр*. Основным его элементом является микрометрическая винтовая пара с особо точной резьбой. Обычный микрометр имеет форму скобы. На одном ее конце укреплена неподвижная измерительная губка — пятка. Другая несет на себе все элементы отсчетного устройства — винтовую пару, гильзы со шкалами, элементы регулировки подачи винта на измеряемую поверхность — так называемую «трещетку», то есть все то, что необходимо для перемещения винта и отсчета размера. На основе точных микрометрических пар сконструирована целая гамма измерительных инструментов: микрометры, микрометрические *нутромеры*, *глубиномеры*, резьбовые микрометры. Все эти инструменты очень широко используют в производстве



Индикаторы часового типа (а), микрометрические глубиномеры (б) и микрометры (в) широко применяются в машиностроении

ной практике для оценки точности и качества деталей машин и приборов.

Мы рассказали лишь о самых распространенных измерительных инструментах. Естественно, что этим коротким рассказом не исчерпывается все многообразие измерительных инструментов, устройств и приборов, занимающих важное место в современном производстве.

В ВАШИХ РУКАХ БУДУЩЕЕ

Многие люди рано или поздно применяют те или иные инструменты — или в быту, или в силу стечения обстоятельств, или в результате увлеченности любимым делом после окончания трудового дня. Но не о них сейчас идет речь. Речь идет о тех, чья трудовая повседневная деятельность постоянно и неразрывно связана с инструментами, о тех, чей символ украшает герб нашей страны. Речь идет о советских рабочих. Они — хозяева инструментов, они их делают и применяют, их знают и бережно к ним относятся. Именно рабочим рукам подчиняются машины, станки и инструменты, покоряются самые разнообразные материалы. И если Вы, дорогие читатели, захотите связать свою жизнь и производственную деятельность с инструментами, то обязательно вольетесь в когорту сильных, дружных, открытых, честных, выносливых и справедливых людей, чье коллективное имя — рабочий класс.

Однако рабочим стать нелегко. Трудности начинаются с того, что профессий рабочих очень много, все они важные и перед специалистами своего дела широко раскрыты двери всех без исключения предприятий. Сколько же рабочих профессий в нашей стране? Попробуем дать ответ. Для этого откроем «Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих».

1. Слесарные и слесарно-сборочные работы — 35.
 2. Кузнечно-прессовые и термические работы — 31.
 3. Котельные, холодноштамповочные, волочильные и давяльные работы — 20
 4. Механическая обработка металлов и других материалов — 37
 5. Литейные работы — 41
 6. Сварочные работы — 13
 7. Металлопокрытия и окраска — 28
 8. Эмалирование — 12 и т. д.
- В сумме же выходит 217 профессий рабочих.

Заметим, что одних только профессий, связанных с механической обработкой материалов — 37. При этом мы не погрешим против истины, если скажем, что наиболее разнообразные инструменты, с которыми частично мы уже познакомились, требуются для осуществления механической обработки.

Как же называются профессии, которые «прячутся» за этими цифрами? Мы не будем все их здесь называть, а перечислим лишь те, к которым имеют отношение рассмотренные выше инструменты. Слесарь механосборочных работ, слесарь-инструментальщик, кузнец на молотах и прессах, кузнец-штамповщик, штамповщик методом взрыва, токарь, сверловщик, фрезеровщик, строгальщик, протяжчик, зуборезчик, заточник, шлифовщик, электрохимобработчик, электроэрозиярист и т. д. Токари при выполнении работ на токарных станках применяют не только самые разнообразные резцы, но и используют сверла, зенкеры, развертки, пилы, фрезы, накатки, напильники, шкурки, пасты. Не остались в долгу и фрезеровщики, которые, помимо фрез, используют, особенно на универсально-фрезерных станках, сверла, зенкеры и резцы.

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 каждая профессия имеет так называемые разряды. Например, токари, фрезеровщики, шлифовщики, слесари-инструментальщики могут иметь разряды от второго до шестого. Шестой разряд — самый высший. Он присваивается не только за умение выполнять самые сложные работы с требуемым качеством и производительностью, но и за глубокие профессиональные знания. Это — профессора своего дела, так как они работают на пределе возможностей техники сегодняшнего дня. 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 «профессора» шестого разряда. Правда, не у

всех профессий второй разряд самый низший. Например, сверловщики, штамповщики и слесари механосборочных работ получают сначала первый разряд. Но не число разрядов в той или иной профессии для нас сейчас 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. А рубежей и благородных целей в жизни очень много. 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.

Говоря о Ваших возможных будущих профессиях, связанных с использованием инструментов, следует заметить, что Вам будут облегчать работу трудолюбивые помощники — роботы. Они берут на себя тяжелые и монотонные операции, автоматизируют не только сам процесс обработки, но и доставку заготовок к станкам, закрепление их в патронах, снятие и транспортировку к другим станкам или на склад. Обладая неутомимостью, силой и строгостью запрограммированных действий, роботы повысят Вашу производительность труда и позволят более рационально использовать физическую и умственную энергию.

Впервые робот пришел к нам из пьесы К. Чапека «R. U. R.» (Россумские универсальные роботы) в 1920 году. По этой пьесе, изобретенные инженером Россом человекоподобные машины неутомимо работали без элементарных требований чувств, выходных дней и заработной платы и вскоре начали заменять собой рабочих на заводах и даже вышли из повиновения... Пьеса всколыхнула фантазию людей. И хотя механизмы, выполняющие вместо человека определенные действия, были известны задолго до этого литературного произведения, тем не менее само название и идея именно промышленных роботов начали свое шествие со страниц пьесы. Интересно, что первый робот в нашей стране был изготовлен в 1936 году шестнадцатилетним Вадимом Мипкевичем. Его робот был похож на человека, управлялся по радио, выполнял десять команд, двигался и реагировал на свет. Юному изобретателю был тогда выдан Диплом Всемирной выставки в Париже.

Современные промышленные роботы не похожи на человека, хотя имеют «руки», «ноги», некоторые «органы чувств» и даже электронный мозг. Но несмотря на такую непохожесть, они все же с большим успехом выполняют вместо человека сложные, трудные работы часто в условиях космоса, высоких и низких давлений, температур, в атомных реакторах, под водой, и конечно, — в цехах машиностроительных заводов. Так, например, отечественные роботы Спорт-1, РВ-50 и другие быстро и четко обслуживают по несколько станков. Однако какими бы ни были совершенными роботы, все они подчиняются и управляются волей человека. Человек их создает — он их Властелин. А для того, чтобы подняться на более высокую ступень производства с максимальным использованием роботов, нужны знания и постоянная работа над собой. Получается — снова человек и его влюбленность в свою профессию. Итак, мы говорим о людях, которые посвятили себя профессии, творчеству, науке, которые, преодолевая многие жизненные трудности, всегда находили источник сил, вдохновения и опору в любимом деле. Для них работа не повинность, а смысл жизни.

Счастье куется в упорном труде. Его контуры намечаются с детских и юношеских лет в процессе умственной и физической работы, в отношениях в семье и с товарищами, в чистоте и этике поведения. Даже щедрый дар природы — человеческий талант и способности не дают прекрасных ростков и не расцветают во всей своей гармонии и величии без напряженной и целенаправленной трудовой деятельности.

Именно для жизни так много работал гениальный В. И. Ленин. Вдумайтесь в следующие цифры: в период подготовки к Великой Октябрьской социалистической революции с февраля по октябрь 1917 года лично им были написаны работы, составляющие более 1700 страниц или 4 тома полного собрания сочинений, а в течение первого года существования советской власти В. И. Ленин написал около 1400 стр. — почти 3 тома полного собрания сочинений. И все это было создано при непрерывной активнейшей политической деятельности, большом числе встреч, бесед, выступлений, заседаний и собраний!

Да, счастье и радость жизни дается нелегко. Но нет пути к счастью более верного, чем путь свободного тру

да» — писал А. М. Горький. Конечно, лентяю и пассивному человеку не суждено постичь вершины профессионального мастерства, испытать взлеты творчества, ощутить удовлетворение от достигнутых результатов или почувствовать горечь временных неудач, проявить пылкое стремление к дальнейшему поиску, дерзаниям, ему не суждено пользоваться уважением товарищей по работе, не суждено быть счастливым...

Итак, наше путешествие в мир инструментов подошло к концу. Ведь все так стремительно развивается, изменяется, не стоит на одном месте. Такова диалектика нашей жизни, таковы мы сами, таковы и инструменты. Грани выбранных профессий, специальностей, мастерства также не имеют каких-то застывших очертаний, а постоянно оттачиваются, совершенствуются, меняют свою форму. Как и очаровывающий блеск драгоценного камня виден только при определенном ракурсе, так и притягательная сила той или иной специальности не каждому заметна, понятна и не для каждого имеет свой единственный неповторимый смысл.

Именно поэтому авторы не ставили перед собой задачу восхваления какой-либо специальности, а постарались кратко рассказать об инструментах. И если Вы, дорогой читатель, заинтересуетесь книгой, найдете в рассказах свою «изюминку», а может быть даже посвятите ей свое внимание и энергию, то мы будем считать это большой наградой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Воропий Н. Н., Рабинович М. Г. Древности Московского кремля. М.: Наука, 1971.
- Гармаш И. И. В мире роботов. Киев: Радянська школа, 1980, 126 с.
- Герои десятой пятилетки. Летопись трудовой славы. М.: Экопомика — Планета, 1978, 336 с.
- Голованов Л. В. Соперники резца. М.: Машиностроение, 1973, 336 с.
- Денежный П. М., Стискин Г. М., Тхор И. Е. Токарное дело. М.: Высшая школа, 1976, 238 с.
- Коваленко А. В. Контроль деталей, обработанных на металлорежущих станках. М.: Машиностроение, 1980, 167 с.
- Колчин Б. А. Техника обработки металла в древней Руси. М.: 1953. Гос. Научно-техн. изд-во машиностроительной и судостроительной литературы.
- Лебединский В. И., Кириченко Л. П. Камень и человек. М.: Наука, 1974, 215 с.
- Левинсон Е. М. Отверстия малых размеров. Л.: Машиностроение, 1977, 151 с.
- Некрасов С. С., Зильберман Г. М. Технология материалов. Обработка конструкционных материалов резанием. М.: Машиностроение, 1974, 288 с.
- Перля З. Человек режет металл. М.: Детгиз, 1958, 350 с.
- Полевой С. Н., Евдокимов В. Д. Обработка инструментальных материалов: Справочник технолога инструментального цеха. Киев: Техніка, 1980, 150 с.
- Ричи В. И., Черненко М. Б. Неоконченная история искусственных алмазов. М.: Наука, 1976, 136 с.
- Родин П. Р. Металлорежущие инструменты. Киев: Вища школа, 1979, 432 с.
- Семенов С. А. Первобытная техника: Материалы исследования по археологии СССР. № 54. М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1957, 240 с.
- Теплицкий А. Х. Молодым новаторам об изобретательстве и рационализации. Киев: Техніка, 1980, 110 с.
- Ферсман Л. Е. Рассказы о самоцветах. М.: Наука, 1974, 254 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ДРЕВНЕЙШИЙ ИЗ ИНСТРУМЕНТОВ	7
РОЖДЕННЫЕ ДЛЯ УДАРОВ	19
РАБОТАЮЩИЕ МГНОВЕНИЕ	26
РЕЗЕЦ	30
ИНСТРУМЕНТЫ, РОЖДЕННЫЕ КЛИНОМ	45
ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ	63
НЕМНОГО О МАТЕРИАЛАХ	77
ИНСТРУМЕНТЫ ИЗ АБРАЗИВОВ	81
ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ	93
В ВАШИХ РУКАХ БУДУЩЕЕ	103
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	108

ИБ № 3116

Вадим Дмитриевич Евдокимов,
Сталин Наумович Полевой

ЗНАКОМЬТЕСЬ — ИНСТРУМЕНТЫ

Редактор Л. И. Корякина
Художественный редактор Н. К. Келралева
Технический редактор Г. Г. Степанович
Корректор Н. Г. Богомолова

Сдано в набор 08.06.81.
Подписано в печать 27.07.81. Т-23605.
Формат 84×108¹/₂. Бумага типограф-
ская № 2. Гарнитура литературная. Печать
высокая. Усл. печ. л. 5,88. Уч.-изд. л. 5,5.
Тираж 20 000 экз. Заказ 727. Цена 15 к.

Издательство «Машиностроение». 107076,
Москва, Б-76, Строминский пер., 4.

Московская типография № 32. Союзполи-
графиром при Государственном комитете
СССР по делам издательств, полиграфии
и книжной торговле.
Москва, 103051, Цветной бульвар, 26.

СПИСОК КНИЖНЫХ МАГАЗИНОВ — ОПОРНЫХ ПУНКТОВ ИЗДАТЕЛЬСТВА «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

Издательство рекомендует всем специалистам, заинтересованным в приобретении литературы по машиностроению, обращаться в следующие книжные магазины: 480000, Алма-Ата, ул. Гоголя, 109, магазин «Прогресс».

241000, Брянск, ул. Комсомольская, 12, магазин № 5.
400066, Волгоград, ул. Дзержинского, 5, магазин № 2 «Машиностроение».

603057, Горький, пр. Ленина, 3, магазин № 24 «Научно-техническая литература».

341000, Жданов, пр. Ленина, 23, магазин № 31.

470000, Караганда, ул. Нуркена Абдирова, 22, магазин «Знание».

252001, Киев, ул. Ленина, 39, магазин № 1 «Научно-техническая книга».

343900, Краматорск, Донецкая обл., пр. Мира, 7, магазин № 240.

191040, Ленинград, Пушкинская ул., 2, магазин № 5 «Техническая книга».

103031, Москва, ул. Петровка, 15, магазин № 8 «Техника».

220005, Минск, пр. Ленина, 48, магазин № 13.

637000, Павлодар, ул. Ленина, 103, магазин № 1.

614000, Пермь, Комсомольский пр., 51, магазин № 12 «Научно-техническая литература».

620014, Свердловск, ул. Малышева, 31, магазин № 8 «Техническая книга».

700000, Ташкент, Привокзальная пл., 12, магазин № 4.

445000, Тольятти, Куйбышевская обл., ул. Мира, 73, магазин № 1.

310012, Харьков, ул. Свердлова, 17, магазин № 1 «Научно-техническая литература».

473000, Целиноград, ул. Мира, 52, магазин «Техническая книга».