

ПРЕДИСЛОВИЕ

Технологическая подготовка любого машиностроительного производства в значительной степени определяет его состояние и развитие. От уровня и значимости технологической подготовки производства зависит его эффективность, расходование материальных и энергетических затрат, качество выпускаемой продукции и ее конкурентоспособность.

Для технического обслуживания основного производства машиностроительные предприятия имеют целый комплекс вспомогательных служб и хозяйств, в том числе и инструментальное.

Инструментальные службы и цеха предприятий должны своевременно обеспечить производство инструментом и другой технологической оснасткой высокого качества при минимальных издержках на их изготовление и эксплуатацию. От работы инструментальных цехов и служб в значительной степени зависит внедрение передовой технологии, механизации и автоматизации трудоемких работ, повышение качества изделий и снижение ее себестоимости.

В настоящее время в большинстве отечественных машиностроительных предприятий весь комплекс работ по техническому обслуживанию выполняется самими предприятиями, что приводит к большим нерациональным расходам, а именно: распыленность средств, рабочей силы, оборудования и т. д. Низкий уровень специализации инструментального хозяйства препятствует созданию соответствующей технической базы и прогрессивной формы организации работ. Для инструментальных цехов характерны единичный и мелкосерийный типы производств со значительными затратами ручного труда, вследствие чего производимая продукция

значительно дороже и менее качественная, чем на специализированных предприятиях. Например, изготовление отдельных видов инструмента, особенно фасонного, сложнопрофильного и т. п., в инструментальных цехах машиностроительных предприятий в два-три раза дороже, чем на специализированных заводах станкостроительной отрасли промышленности.

По данным статистики, на машиностроительных предприятиях России только 25% применяемого инструмента изготавливается на специализированных заводах, тогда как, например, в США специализированные фирмы производят около 65...75% инструмента. В США 85...90% машиностроительных предприятий не имеют своих инструментальных цехов и приобретают весь инструмент со стороны. То же относится и к промышленности Германии, причем не только к режущему, но и к мерительному инструменту, приспособлениям для измерения и контроля деталей (калибрам). Так, в г. Шмалькальден эффективно работает предприятие, оснащенное самым современным технологическим оборудованием и приборами по изготовлению контрольно-измерительной оснастки, которыми снабжаются большинство промышленных предприятий страны.

Первый специализированный инструментальный завод в России был основан в г. Миасс Челябинской области в 1916 г. До 1990 г. в СССР было 58 специализированных инструментальных заводов. После распада СССР в России осталось 28 заводов.

Сегодня положение усугубляется тем, что многие специализированные предприятия по изготовлению режущего мерительного инструмента в России по тем или иным причинам за последнее десятилетие прекратили свое существование.

В настоящее время на рынке преобладает в основном импортный инструмент, который не всегда соответствует качеству и работоспособности, заявленным в рекламе. К этому можно добавить, что, как правило, качественный импортный инструмент значительно дороже отечественного. Многие зарубежные фирмы поставляют режущий инструмент с уже нанесенными износостойкими покрытиями, что еще более увеличивает стоимость инструмента. При этом такое покрытие не всегда требуется на данной конкретной операции или требуется другое покрытие. Таким образом, цена инструмента не оправдывается.

К основным зарубежным фирмам, поставляющим режущий инструмент на рынок России, можно отнести (в алфавитном порядке) Hitachi, Hertel, Iskar, Kennametal, Korloy, Kyocera, Mitsubishi,

NTK, Sandvik (в числе Sandvik-MKTC), Seko, Sumitomi, Toshiba, Valenite, Walter, Widia. При этом на фирму Sandvik приходится около 25% поставок импортного режущего инструмента.

Исторически сложившийся децентрализованный характер инструментального производства, особенно в настоящее время, когда практически перестали существовать специализированные инструментальные заводы, усложняет выполнение комплекса работ по снижению расхода вольфрама. На машиностроительных предприятиях России относительно невелик процент металлорежущего инструмента, оснащенного безвольфрамовыми твердыми сплавами, керамикой, керметами и СТМ. В то же время, например, в Японии объемы применения безвольфрамовых твердых сплавов увеличиваются ежегодно на 0,9...1,0%, а доля инструмента, оснащенного керамикой и керметами, составляет более 30%.

В настоящее время в связи с изменившимися условиями, развитием и достижениями технологической науки и практики, появлением новых способов обработки (CALS-технологии), внедрением передовых, наукоемких технологий (Hi-Tech) к качеству и эффективности, использованию металлорежущего инструмента в машиностроении предъявляются еще более высокие требования.

Сегодня номенклатура современных инструментальных материалов весьма и весьма широкая, но при этом необходимо четко понимать, что нет идеального материала и что каждый материал имеет свою, иногда весьма узкую, область эффективного применения. То же относится и к методам упрочнения (повышения работоспособности) режущего инструмента, насчитывающим 20...30 позиций. Для обеспечения позитивных изменений в российской экономике необходимо обеспечить ускоренное внедрение в производство инноваций, современных наукоемких технологий, высокотехнологичной продукции. Эти обновления возможны только при наличии развитой инженерной системы страны, способности инженеров работать в условиях рынка и мировой конкуренции.

По данным Минобрнауки, потребность в инженерных кадрах в 2015 г. в 2...2,5 раза превысит выпуск. Задача высшей школы России и заключается в подготовке высококвалифицированных инженерных кадров, хорошо разбирающихся не только в теоретических вопросах технологии машиностроения, но и имеющих хорошую производственную подготовку на промышленных предприятиях, навык работы в трудовых коллективах.

Сегодня в машиностроении и инструментальном производстве выделяются две тенденции. С одной стороны, увеличение требо-

ваний к стойкости режущего инструмента, повышение скорости резания и производительности. После замены инструмента из быстрорежущей стали инструментом из твердого сплава для операций сверления, фрезерования и точения стало уделяться серьезное внимание развитию производства новых инструментальных материалов для высокоскоростной обработки в целях снижения себестоимости металлообработки, таких как керамика, керметы и СТМ. С другой стороны, в результате применения новых обрабатываемых материалов, включая композитные кевлары и углепластики, предъявляются новые требования к режущему инструменту. Требуются новые инструментальные материалы с повышенными физико-механическими свойствами, особенно с более высокой износостойкостью.

При подготовке второго издания учебника были учтены замечания и пожелания, полученные после выхода в свет первого издания, а также последние достижения в области инструментального производства.

Автор выражает искреннюю признательность за ценные замечания и помощь в работе Г. П. Анастасиади, Л. Н. Бердникову, А. Г. Суслову, Г. Д. Ткачевской, В. Г. Юрьеву и др., кто помогал в работе над вторым изданием.

ВВЕДЕНИЕ

Общий прогресс в машиностроении и металлообработке тесно связан с развитием конструкции режущего инструмента и совершенствованием инструментального материала.

Инструментальными режущими называются материалы, из которых изготавливается рабочая часть режущих инструментов. Свойства инструментального режущего материала существенно сказываются на процессе стружкообразования и оказывают решающее влияние на режущие свойства инструмента и достигнутый уровень скоростей резания.

Эффективное резание одного материала другим возможно при удовлетворении следующих требований:

- Инструментальный материал должен обладать прочностью, достаточной для того, чтобы режущий инструмент противостоял без хрупкого разрушения (скола) нагрузкам, возникающим и действующим на него при резании данного обрабатываемого материала.
- Обладая достаточной способностью противостоять хрупкому разрушению, инструментальный материал должен в то же время обеспечивать достаточную формоустойчивость режущей части инструмента, т. е. способность не менять под действием возникающих при резании нагрузок сколько-нибудь существенно форму, приданную ей заточкой. Последнее предполагает наличие у инструментального материала достаточной вязкой прочности.
- При достаточной хрупкой и вязкой прочности инструментальный режущий материал должен обладать также возможно более высокой износоустойчивостью, т. е. способностью противостоять

удалению с рабочей поверхности инструмента мелких частиц отходящей стружкой и обработанной поверхностью детали. Инструментальный материал удовлетворяет указанным требованиям, если ему присущи: высокая твердость, значительно превышающая твердость обрабатываемого материала, способность длительно сохранять твердость при нагреве, т. е. теплостойкость, и достаточная прочность на сжатие, изгиб и срез. Важной является также способность не разрушаться под действием так называемых тепловых ударов, т. е. многократно повторяющихся резких изменений температуры. Одновременно необходимо учитывать технологические свойства материала, т. е. те свойства, которые оказывают влияние на его способность подвергаться обработке на различных операциях технологического процесса изготовления режущих инструментов.

Повышение качества и совершенствование инструментального материала являются важнейшими факторами повышения эффективности машиностроительного производства, т. к. именно режущий инструмент определяет достижимый уровень режимов резания и степень использования оборудования. Точность и качество режущего инструмента оказывают прямое влияние на точность и эксплуатационные характеристики работы деталей узлов машин, а также на общий ресурс работы агрегата или машины.

Для инструментальных материалов понятие производительности процесса обработки следует дифференцировать. При оптимизации свойств инструментальных материалов следует принимать во внимание не только режущую способность инструмента, но и рассматривать в комплексе ряд критериев, оказывающих влияние на производственный процесс. В качестве основных свойств инструментальных материалов указываются следующие: низкая интенсивность износа, высокая стойкость при одновременном обеспечении качества, стабильность износа (низкая вариация стойкости).

Использование заготовок с минимальными припусками и необходимость обработки закаленных материалов выдвигает новые задачи, связанные с обеспечением требуемой точности размеров и геометрической формы изделий, а также повышением качества их поверхности. Для выполнения подобных операций инструментальные материалы должны обеспечивать высокую прочность режущей кромки и основы, износостойкость и низкую вариацию стойкости.

Если этими свойствами обладает один инструментальный материал, то его можно считать идеальным и универсальным в при-

менении. Однако из-за фундаментального противоречия между твердостью и прочностью такой материал не может быть создан. В связи с этим основное направление работ в инструментальной промышленности должно быть сконцентрировано на создании и оптимизации технологии производства таких материалов, которые бы в наибольшей степени отвечали конкретным задачам современного производства.

Перед инструментальным производством стоит ответственная задача — обеспечение всего машиностроительного комплекса высококачественным, высокопроизводительным и при этом износостойким инструментом.

Качество и эффективность использования металлорежущего инструмента зависят от следующих основных факторов:

- а) выбора оптимальных конструкций и геометрических параметров его режущей части;
- б) правильного выбора материала режущей части инструмента;
- в) рациональной технологии его изготовления и особенности технологии финишных (заточных) операций;
- г) применения различных методов упрочнений и покрытий, повышающих работоспособность режущей части инструмента;
- д) назначения рациональных режимов его эксплуатации;
- е) контроля состояния режущей части инструмента в процессе его эксплуатации.

Разработка технологических процессов производства металлорежущего инструмента базируется на общих принципах и закономерностях технологии машиностроения. Наряду с этим в технологии производства металлорежущих инструментов имеются специфические особенности, связанные с применением дорогостоящих и дефицитных инструментальных материалов.

Режущие инструменты работают в условиях воздействия сложного комплекса факторов, например, высоких контактных напряжений и температур, а также в условиях активного протекания физико-химических процессов. Контактные напряжения, действующие на переднюю и заднюю поверхности инструмента при обработке различных материалов, могут колебаться от 700 до 4000 МПа. Одновременно в зоне резания и на границах контакта инструмент–обрабатываемый материал возникают температуры, значения которых изменяются от 200 до 1400°C. При этом контактные площадки инструмента интенсивно изнашиваются в условиях абразивного, адгезионно-усталостных, коррозионно-окислительных и диффузионных процессов. В этих условиях инструментальный

материал должен также одновременно обладать достаточным запасом прочности при сжатии и изгибе, приложении ударных импульсов и знакопеременных напряжений.

Перечисленные свойства инструментальных материалов часто являются взаимоисключающими. Поэтому создание инструментального материала, обладающего идеальным комплексом указанных свойств в объеме однородного тела, в настоящее время пока не представляется возможным.

По мере накопления теоретических знаний и практического опыта обработки материалов резанием человечеством создавались новые инструментальные материалы, совершенствовалась их термическая и физико-химическая обработка, что позволяло постоянно повышать производительность процесса изготовления деталей машин.

История развития металлообработки показывает, какое резкое повышение производительности труда было достигнуто при переходе от инструментальной углеродистой и легированной инструментальной к быстрорежущей стали или от быстрорежущей стали к твердым сплавам. Например, повышение скорости резания при переходе от инструментальной легированной к быстрорежущей стали и далее к твердым сплавам соответственно характеризуется соотношениями $1 - (1,6...1,8) - (4,9...5,6)$, при этом скорость резания для инструмента из инструментальной легированной стали принимают за единицу. Следовательно, в результате замены материала инструмента повышается производительность труда. В настоящее время широко применяются кобальтовые и ванадиевые быстрорежущие стали марок P9Ф5, P18Ф2, P9К5, P9К10, P10К5Ф5 и другие при обработке труднообрабатываемых материалов. За рубежом широкое развитие получили быстрорежущие стали, легированные молибденом или одновременно вольфрамом и молибденом. Полная или частичная замена вольфрама молибденом заметно изменяет технологические свойства быстрорежущей стали (меньшая карбидная неоднородность, хорошие шлифуемость и пластичность, меньшая склонность к выкрашиванию режущей кромки инструмента). За последнее время ряд лабораторий в нашей стране и за рубежом проводили работу по совершенствованию существующих и изысканию новых материалов для изготовления инструментов. Исследования проводились во всех основных группах современных инструментальных материалов (рис. 1):

- 1) в области быстрорежущих и других инструментальных сталей;
- 2) в области спекаемых твердых сплавов;

- 3) в области дисперсионно-твердеющих сплавов на базе Cr и Co;
- 4) в области минералокерамики;
- 5) в области сверхтвердых материалов (СТМ).

Применение новых инструментальных материалов дало возможность повысить скорость обработки. Так, например, за последние сто лет скорость резания увеличилась примерно в 10 раз, при этом время обработки уменьшилось в 50 раз (рис. 2).

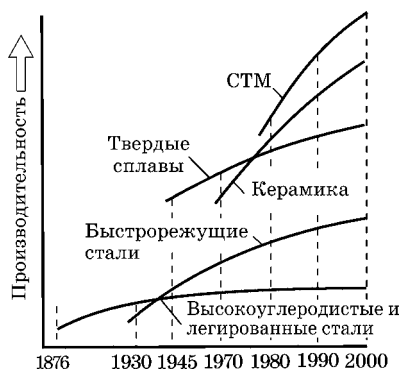


Рис. 1
Развитие инструментальных материалов

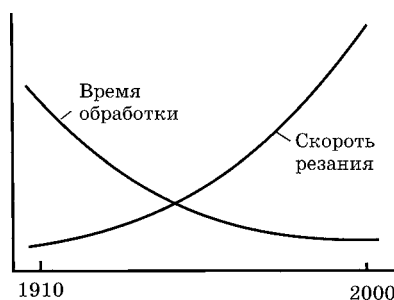


Рис. 2
Соотношение изменения скорости резания и производительности процесса при обработке сталей и сплавов

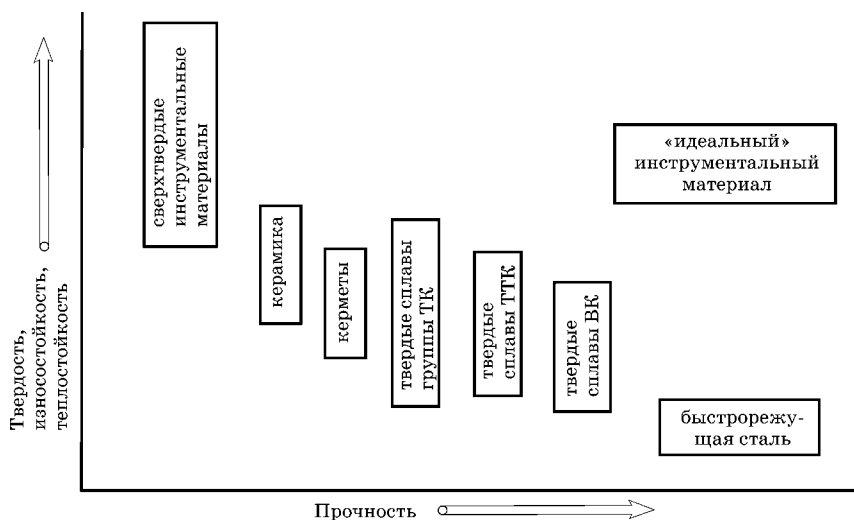


Рис. 3
Классификация существующих инструментальных материалов

Однако большинство известных на сегодняшний день инструментальных материалов обладает только частичным набором указанных выше свойств, что делает область их рационального применения весьма ограниченной. На рисунке 3 представлена классификация существующих инструментальных материалов по их прочности и твердости.

Таблица 1

**Механические, физические и режущие свойства
инструментальных материалов (средние значения)**

Марка материала	Механические свойства			Ударная вязкость в Нм/см ²	Физические свойства		Режущие свойства		
	твёрдость, HRA	предел прочности в Н/мм ²			теплопро- водность в м × град	плотность в кг/м ³ × 10 ³	твёрдостой- кость в °C	относитель- ная величина скорости резания	
		изгиб	Сжа- тие					сталь	чугун
Инструментальная углеродистая сталь									
У12А	80	3140	3920	—	63	7,8	220	0,5	0,5
Инструментальная легированная сталь									
9ХС ХВГ	80	3140	3920	—	41,8	7,7	220	0,6	0,6
Быстрорежущая сталь									
P18	82	3620	3720	8,72	21	8,7	600	1,0	1,0
Вольфрамовые твёрдые сплавы									
ВК8 ВК6	87,5 88,5	1370 1240	— 4900	5,88 5,88	58,7 63	14,6 14,8	850 900	— —	2,9 3,4
Титано-вольфрамовые твёрдые сплавы									
T5K5 T14K8 T15K6 T30K4	88,5 89,5 90 92	1174 1174 1126 882	— 2940 3920 —	— 2,94 2,45 —	33,5 29,3 29,3 21	12,7 11,7 11,3 9,6	900 900 950 1000	3,0 3,5 4,5 5,5	— — — —
Минералокерамика									
ЦМ-322	92	294– 392	3430	0,784	16,7	3,9	1200	5,8	5,8
К Н Б									
Эльбор Гексанит	98 98	1500 н/д	н/д н/д	н/д н/д	н/д н/д	3,5 3,3	1200 900	8 8	8 8
Синтетический алмаз									
АС	100	3500	2000	н/д	н/д	3,5	800	—	6

Основные свойства отечественных инструментальных материалов приведены в таблице 1.

В инструментальном производстве применяют следующие основные материалы:

1. Инструментальные стали:

а) быстрорежущие (ГОСТ 19265-73);

б) легированные (ГОСТ 5950-73);

в) углеродистые (ГОСТ 1435-74);

г) дисперсионно-твердеющие сплавы.

2. Твердые спеченные сплавы (ГОСТ 3882-86).

3. Минералокерамика (керметы).

4. Алмазы (природные и искусственные).

5. Сверхтвердые синтетические материалы (СТМ) — композиты.

На выбор материала влияют тип инструмента, его назначение, размеры и условия работы, а также технология изготовления инструмента.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СТАЛИ

К инструментальным сталям предъявляют требования по следующим основным характеристикам:

1. Режущая способность.
2. Красностойкость (теплостойкость)*.
3. Износостойкость в холодном состоянии.
4. Механические свойства.
5. Обрабатываемость в холодном и горячем состоянии.

Стали, из которых изготавливают режущие инструменты, должны иметь:

- 1) высокую прочность, так как в процессе резания инструменты испытывают большие усилия;
- 2) высокую твердость, так как процесс резания можно осуществить только в том случае, если твердость материала инструмента значительно больше твердости обрабатываемого материала;
- 3) высокую износостойкость, так как стойкость инструмента зависит от степени истирания режущих кромок;
- 4) высокую теплостойкость, так как в процессе резания выделяется большое количество тепла, часть которого идет на нагрев режущих поверхностей инструмента, а последние, нагреваясь, «теряют» первоначальную твердость и быстро выходят из строя.

* Количественно теплостойкость характеризуется той наибольшей температурой, при нагреве до которой и достаточно длительной выдержке материал не теряет необратимо свою твердость, т. е. восстанавливает ее до первоначального значения после охлаждения.

Кроме того, циклическое воздействие температур при прерывистом резании приводит к зарождению усталостных трещин в режущем клине инструмента и в конечном итоге — к его разрушению (скалыванию).

Инструментальные материалы неодинаково устойчивы против действия тепла: одни «теряют» свои режущие свойства при нагреве до температуры 200...250°C, а другие способны резать при температуре до 1000°C и более.

Стали для измерительных инструментов должны обладать высокой износостойкостью, необходимой для сохранения инструментами размеров и формы в процессе эксплуатации, а также хорошей обрабатываемостью для получения высокого качества поверхности.

Требуемая износостойкость обеспечивается закалкой и отпуском сталей определенных марок, после чего они приобретают высокую твердость и сохраняют мартенситную структуру.

При изготовлении штампов для холодного деформирования к сталям предъявляют два основных требования:

- 1) высокая прочность;
- 2) высокая износостойкость.

По сравнению с режущими инструментами твердость деталей штампов в зависимости от условий эксплуатации выбирают в более широких пределах (HRC 54...66).

Стали, из которых выполняют штамп для горячего деформирования, должны иметь:

- 1) высокую прочность, необходимую для сохранения формы штампа при высоких удельных давлениях и деформировании;
- 2) определенную теплостойкость для сохранения повышенных прочностных свойств при нагреве;
- 3) вязкость для предупреждения поломок и выкрашивания и получения высокой разгаростойкости;
- 4) разгаростойкость для предупреждения трещин, возникающих при многократном чередовании нагрева и охлаждения;
- 5) износостойкость;
- 6) окалиностойкость (если поверхностный слой деталей штампа нагревается выше температуры 600°C);
- 7) теплопроводность для лучшего отвода тепла, передаваемого от заготовки;
- 8) прокаливаемость должна быть получена по всему сечению, так как многие детали штампов имеют большие размеры и высокие прочностные свойства.

1.1. УГЛЕРОДИСТЫЕ СТАЛИ

При зарождении машиностроения для изготовления режущих инструментов применялись простые углеродистые инструментальные стали с содержанием углерода от 0,65 до 1,35%.

Для того чтобы углеродистая инструментальная сталь приобрела режущие свойства, она подвергается закалке при 760...820°C (температура закалки устанавливается для каждой марки стали особо) и отпуску при температуре 150...160°C. Последний применяется для устранения хрупкости.

В закаленном состоянии углеродистые инструментальные стали имеют структуру мартенсита (доэвтектоидная и эвтектоидная сталь) и мартенсита с избыточными карбидами (заэвтектоидная сталь) с небольшим количеством остаточного аустенита.

Характер распределения карбидов существенно влияет на свойства стали: инструмент получается тем лучше, чем более равномерно распределены карбиды в структуре или, как говорят, чем ниже карбидная неоднородность стали. Значительное местное скопление карбидов в структуре стали делает невозможным изготовление из нее качественных инструментов, так как при этом режущая поверхность из-за повышенной хрупкости получается неровной и малопрочной. Карбидную неоднородность можно устранить или уменьшить путем проковки инструментальной стали перед изготовлением из нее режущего инструмента.

После термической обработки углеродистые инструментальные стали обладают вполне достаточной твердостью (HRC 62...65), но теплостойкость их низка: они уже при сравнительно невысоких температурах (200...250°C) необратимо «теряют» свою твердость. Кроме низкой теплостойкости, существенным недостатком углеродистых инструментальных сталей являются невысокая и неравномерная по сечению прокаливаемость, повышенная чувствительность к перегреву и относительно большое поверхностное обезуглероживание.

Углеродистые стали подразделяются на качественные и высококачественные. Каждая из этих групп имеет восемь марок стали. Химический состав инструментальных углеродистых сталей приведен в таблице 1.1.

Углеродистая качественная сталь: У7, У8, У8Г, У9, У10, У11, У12, У13.

Углеродистая высококачественная сталь: У7А, У8А, У8ГА, У9А, У10А, У11А, У12А, У13А.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru