

Материалы для режущих инструментов

В основу режущих инструментов положен режущий клин, состоящий из двух поверхностей, сходящихся в острую кромку. При перемещении клина относительно обрабатываемого материала он давит на заготовку и разделяет ее на две неравные части, меньшая из которых деформируется и превращается в стружку. Режущий клин при работе подвергается истиранию, тепловым воздействиям и силовым нагрузкам. Внедрение клина в заготовку возможно лишь при преобладающей прочности материала клина.

Материалы для режущих инструментов подразделяются на следующие основные группы: инструментальные стали; твердые сплавы; минералокерамика и керметы, сверхтвердые материалы.

Инструментальные стали в зависимости от химического состава делятся на углеродистые, легированные и быстрорежущие. По твердости в холодном состоянии все эти стали мало отличаются друг от друга, основное их отличие в красностойкости. Углеродистые стали (У10А, У12А и др.) имеют низкую красностойкость – до 200...250°C. У легированных сталей (имеют около 1% легирующих элементов: вольфрама, хрома, ванадия и др.) – большая красностойкость – до 300°C (марки 9ХС, ХВГ, Х6ВФ и др.).

Углеродистые и легированные стали применяются для изготовления инструментов, работающих с малыми скоростями резания: плашки, метчики, развертки и слесарные инструменты.

Быстрорежущие стали имеют содержание вольфрама до 6...18% и большое количество легирующих элементов: Р – вольфрам, К – кобальт, М – молибден, Ф – ванадий и др. Быстрорежущие стали умеренной красностойкости – до 620...630 °С (марки Р9К10, Р9М4К8, Р18Ф2К8М и др.) – предназначены для обработки труднообрабатываемых материалов: жаропрочных и титановых сплавов, нержавеющей сталей и др. Стали с высокими красностойкостью (до 700...730°C) и твердостью (до 68...69 HRC) легированы большим количеством кобальта (до 16...25%), вольфрама (до 11...20%) и молибдена (до 4...7%). Эти стали (марки В18М7К25, В14М7К25 и др.) используются при резании труднообрабатываемых материалов.

Твердые сплавы изготавливаются методом порошковой металлургии. Основными компонентами твердых сплавов являются карбиды вольфрама, титана и тантала, а в качестве связки используются кобальт, никель, молибден. Красностойкость твердых сплавов различных марок составляет 800...1000°C, твердость – до 86...90 HRC, прочность при сжатии – до 3,5 ГПа, прочность при изгибе – до 1,8 ГПа. Инструменты из твердых сплавов работают на высоких скоростях резания. В зависимости от состава карбидной фазы твердые сплавы делятся на четыре группы: однокарбидные (группа ВК), двухкарбидные (группа ТК), трехкарбидные (группа ТТК) и безвольфрамовые (группа ТН).

Сплавы группы ВК содержат карбид вольфрама и кобальт, являющийся своеобразной связкой. Марки ВК3, ВК4 (96% WC и 4% Co) имеют высокую твердость, но более хрупкие, используются для чистовой обработки, а сплавы

Лекция №3

(ВК8, ВК10) с большим содержанием кобальта, как наиболее вязкие, применяются при черновой обработке материалов. Физико-механические свойства твердых сплавов во многом определяются размером зерен порошков, применяемых для спекания. Большой износостойкостью обладают мелкозернистые (ВК-М и др.) и особомелкозернистые (ВК6-ОМ, ВК10-ОМ и др.) сплавы, которые для повышения режущих свойств зачастую легируются хромом (ВК6-ХОМ, ВК15-ХОМ и др.).

Двухкарбидные твердые сплавы содержат карбиды вольфрама, титана и кобальт, например сплав марки Т30К4 содержит 30% TiC, 4% Co и 66% WC. Сплавы группы ТК имеют большую твердость и хрупкость, поэтому применяются при получистовой и чистовой обработке высокотвердых материалов.

Трехкарбидные сплавы дополнительно содержат карбид тантала TaC. Например, сплав ТТ20К9 содержит 20% (TiC + TaC) + 9%Co + 71%WC. Сплавы группы ТК превосходят двухкарбидные по прочности, обладают высокой износостойкостью, хорошо сопротивляются ударным нагрузкам и вибрациям, поэтому их используют при строгании, фрезеровании и черновой обработке с большими сечениями срезаемого слоя.

Безвольфрамовые твердые сплавы явились следствием дефицита вольфрама и содержат в своем составе карбид или кабонитрид титана и тугоплавкие связки (обычно никельмолибденовые). Безвольфрамовые сплавы (марки КНТ-16, ТН 20, ТН 30 и др.) имеют более низкие прочность, теплопроводность, склонны к разупрочнению при повышенных температурах, но имеют и ряд положительных свойств: низкий коэффициент трения, пониженную склонность к адгезивному взаимодействию с обрабатываемым материалом. Их применяют при обработке конструкционных и малолегированных сталей и чугунов, а также некоторых цветных металлов.

Режущие инструменты, оснащенные минералокерамикой, обладают высокими твердостью (92...94 HRA), красностойкостью (до 1200°C) и износостойкостью. Наибольшее распространение получила керамика оксидного и оксидно-карбидного типов. Оксидная керамика содержит до 99% Al_2O_3 (например, марка ЦМ 332). Ее используют только для чистовой и получистовой обработки материалов на виброустойчивых станках.

Оксидно-карбидная керамика получается добавлением к основе (Al_2O_3) одинарных и сложных карбидов титана, вольфрама и молибдена (до 40%). Выпускаются керамики марок ВЗ, ВОК-60, ВОК-63 в виде пластин, которые крепятся к корпусу инструмента.

К группе сверхтвердых материалов относятся естественные и искусственные алмазы и нитрид бора. Прочность алмаза составляет порядка 100 ГПа, он обладает высокой износостойкостью, малым коэффициентом трения, хорошей теплопроводностью, однако имеет относительно низкую красностойкость (800°C) и большую хрупкость ($\sigma_p = 0,3...0,6$ ГПа). В качестве синтетических алмазов используют поликристаллы марок баллас, карбонадо, карболит (по твердости они близки твердости природных алмазов, а по прочности на изгиб в 2-3 раза превосходят их). Инструменты из синтетических алмазов показывают

Лекция №3

высокие режущие свойства при обработке титановых сплавов, высококремнистых алюминиевых сплавов, медных сплавов, стеклопластиков, композиционных материалов, минералокерамики и других материалов. Для обработки сталей алмазные инструменты непригодны ввиду высокой химической активности, которая приводит к интенсивному износу инструмента. На основе синтетических алмазов выпускают композиционные материалы, например пластины марок АТП (алмазно-твердосплавные), БПА (биластины алмазные).

Кубический нитрид бора (КНБ) – синтетический материал, по твердости (90 ГПа) близкий к твердости алмаза, а по красностойкости (1500°C) значительно превосходящий все инструментальные материалы. КНБ химически нейтрален к железу и углеродистым сплавам. Промышленностью выпускается целая гамма композитов на основе КНБ: Эльбор-Р, гексинит, белбор и др. Они синтезируются в виде цилиндрических столбиков диаметром 4...8 мм и высотой 3...6 мм. Основное применение режущие инструменты на основе КНБ нашли при обработке сталей и чугунов различной твердости, причем зачастую не требуется операция последующего шлифования. Сравнительные характеристики различных режущих инструментов представлены в табл.

Физико-механические свойства некоторых режущих материалов

Материал	Марка	Микро- твер- дость, МПа	Теп- лостой- кость, К	Предел прочности, МПа		Удар- ная вяз- кость, Дж/м ² × ×10 ⁻⁶	Коэффи- циент от- носи- тельной скорости резания
				На изгиб	На сжатие		
Твердые сплавы Быстроре- жущая сталь Минерало- керамика Кубиче- ский нит- рид бора Легиро- ванная сталь Углероди- стая сталь Алмазы	T15K6;	27500	1176	1130	3900	2,94	4
	BK8	15700	1123	1570	4410	5,88	3
	P18	13200	888	3530	3530	9,81	1
	ЦМ332	22500	1473	390	1470	0,98	5...7
	Эльбор	90700	1573	785	—	—	6...8
	ХВГ	11800	503	3430	3430	9,81	0,6
	У10А	12800	493	2940	2940	9,81	0,4
	А	98700	973	290	1960	—	1,5

Станки для обработки материалов резанием

Современные материалорежущие станки – это довольно разнообразные и широко распространенные машины, позволяющие выполнять сложные технологические процессы. Несмотря на большие достижения технологии производства высококачественных деталей, применение малоотходных технологий, роль обработки резанием и соответственно материалорежущих станков в машиностроении непрерывно возрастает. На современных станках обрабатывают детали – от мельчайших элементов часов и приборов до деталей, размеры которых достигают нескольких метров – турбин, теплоходов, прокатных станов и др. Поэтому и габариты самих станков весьма различны. Они включают в себя большое число механизмов, а для осуществления движений и управления рабочими циклами применяют механические, электрические и гидравлические методы. Станкостроительная промышленность нашей страны выпускает большое число материалорежущих станков, различных по назначению, конструктивному исполнению и технологическим возможностям, универсальности, точности и др. Ежегодно осваивается выпуск нескольких сот типов (разновидностей) станков. Для удобного пользования этим обширным классом машин Экспериментальным научно-исследовательским институтом металлорежущих станков (ЭНИМС) разработаны единая классификация и нумерация станков отечественного производства.

В основу классификации станков положен технологический принцип обработки: назначение станка, характер обрабатываемых поверхностей, схема обработки и др. Эта классификация построена по десятичной системе. Все станки (за исключением специальных) подразделяются на десять групп, а группы, в свою очередь, подразделяются на десять типов. Станки делят на токарные, сверлильные, расточные, для абразивной, электрофизической и электрохимической обработки, резьбообрабатывающие, зубообрабатывающие, фрезерные, строгальные, долбежные, протяжные, разрезные и разные. В группы объединяются станки по общности технологического метода обработки или близкие по назначению.

Основные признаки деления станков на типы: вид обработки, применяемый инструмент, степень автоматизации, число важнейших рабочих органов станка и их расположение, технологические, конструктивные, эксплуатационные характеристики и др.

Все группы и типы станков представлены в табл. (классификатор станков).

Система нумерации (условного обозначения) станков отечественного производства основана на присвоении каждой модели станка определенного номера. Обозначение модели станка состоит из трех (или четырех) цифр, иногда с добавлением прописных букв, обозначающих дополнительную характеристику станка. Первая цифра указывает группу, к которой относится станок; вторая – тип станка в пределах данной группы; третья (а при четырехцифровом обозначении – третья и четвертая цифры) – условно характеризует основные технологические особенности станка (например, наибольший диаметр обраба-

Лекция №3

тываемой детали, наибольший диаметр инструмента, размеры стола и др.). Прописная буква после первой цифры указывает на модернизацию (улучшение) станка. Буква, стоящая после всех цифр, обозначает модификацию (видоизменение) базовой модели станка или его технологические особенности (например, повышенную точность). Рассмотрим несколько примеров.

1. Станок 1Б140. Первая цифра 1 означает, что станок относится к токарной группе. Буква Б указывает, что станок модернизирован; вторая цифра 1 – на тип – одношпиндельный автомат; последние две цифры обозначают наибольший диаметр обрабатываемого прутка – 40 мм.

2. Станок 2150. Цифра 2 – вторая группа (сверлильный); 1 – вертикальный; 50 – максимально допустимый диаметр сверла в мм.

Для обозначения моделей специализированных и специальных станков каждому станкостроительному заводу присвоен индекс из двух букв. В обозначении модели такого станка к буквам добавляются цифры, указывающие номер выпускаемого специального станка. Например, ЕЗ-9 – специальный станок для нарезания зубчатых реек, выпускаемый Егорьевским заводом зуборезных станков. Московский станкостроительный завод «Красный пролетарий» имеет индекс МК, Горьковский завод фрезерных станков – ГФ, Одесский фрезерный – ОФ.

По универсальности и специализации станки делят на универсальные, специализированные и специальные.

Универсальные станки общего назначения предназначены для выполнения различных операций при обработке деталей многих наименований.

Специализированные станки предназначены для обработки деталей одного наименования или немногих наименований, сходных по конфигурации, но имеющих различные размеры, например, ступенчатых валиков, колец подшипников качения, муфт и т.п. Специализированные станки используются главным образом в серийном производстве.

Специальные станки служат для обработки одной определенной детали (или деталей одного типоразмера), например, лопаток газовых турбин. Станки этого рода используются в основном в массовом производстве, иногда и в крупносерийном.

В зависимости от массы и габаритов станки делятся на категории: легкие – массой до 1 т; средние – от 1 до 10 т; крупные – от 10 до 30 т, тяжелые – от 30 т до 100 т и особо тяжелые (уникальные) массой более 100 т.

Исключением из этой градации являются станки внутришлифовальные, хонинговальные и зубообрабатывающие, для которых крупные станки – от 10 до 20 т, тяжелые – от 20 до 60 т и особо тяжелые – более 60 т.

По точностным характеристикам современные станки делятся на следующие группы: нормальной точности Н, повышенной точности П, высокой точности В, особо высокой точности А, особо точные С. На станках нормальной точности можно получить точность обработки по 7...8-му квалитетам. Станки повышенной точности, как правило, изготавливаются на базе станков нормальной точности и отличаются от последних в основном более точным ис-

Лекция №3

полнением или подбором отдельных деталей, а также особенностями монтажа. Отклонения при обработке деталей на этих станках составляют 0,6 от отклонений, получающихся на станках нормальной точности. При обработке на станках высокой точности эти отклонения составляют 0,4, а на станках особо высокой точности – 0,25 от отклонений, получающихся при работе на станках нормальной точности. Высокая точность обработки на этих станках достигается конструктивными особенностями отдельных элементов станков, а также высокой точностью их изготовления и специальными условиями эксплуатации.

Особо точные станки изготавливаются индивидуально; отклонение по сравнению с отклонениями, получающимися на станках нормальной точности, составляет 0,16. Эти станки используются при необходимости получения наивысшей точности обработки – при изготовлении деталей типа делительных колес и дисков, эталонных колес, измерительных винтов и др.

Лекция №3

Станки	Группа	Типы станков									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы:			Токарно-револьверные	Токарно-револьверные полуавтоматы	Карусельные	Токарные и лоботокарные	Многорезцовые и копировальные	Специализированные	Разные токарные
		специализированные	одношпиндельные	многошпиндельные							
Сверлильные и расточные	2		Настольно- и вертикально-сверлильные	Полуавтоматы:		Координатно-расточные	Радиально- и координатно-сверлильные	Расточные	Отделочно-расточные	Горизонтально-сверлильные	Разные сверлильные
				одношпиндельные	многошпиндельные						
Шлифовальные, полировальные, доводочные, заточные	3		Круглошлифовальные, бесцентрово-шлифовальные	Внутришлифовальные, координатно-шлифовальные	Обдирочно-шлифовальные	Специализированные шлифовальные	Продольно-шлифовальные	Заточные	Плоскошлифовальные	Притирочные, полировальные, хонинговальные, доводочные	Разные станки, работающие абразивом
Электрофизические и электрохимические	4			Светолучевые		Электрохимические			Электроэрозионные, ультразвуковые прошивочные	Анодно-механические отрезные	
Зубо- и резьбообрабатывающие	5	Резьбонарезные	Зубодолбежные для цилиндрических колес	Зубодолбежные для конических колес	Зубофрезерные для цилиндрических колес и шлицевых валов	Для нарезания червячных колес	Для обработки торцов зубьев колес	Резьбофрезерные	Зубоотделочные, проверочные и обкатные	Зубо- и резьбошлифовальные	Разные зубо- и резьбообрабатывающие
Фрезерные	6	Барабанно-фрезерные	Вертикально-фрезерные консольные	Фрезерные непрерывного действия	Продольные одностоечные	Копировальные и гравировальные	Вертикально-фрезерные бесконсольные	Продольные двухстоечные	Консольно-фрезерные операционные	Горизонтально-фрезерные консольные	Разные фрезерные
Строгальные, долбежные, протяжные	7		Продольные:		Поперечно-строгальные	Долбежные	Протяжные горизонтальные	Протяжные вертикальные для протягивания:			Разные строгальные станки
			одностоечные	двухстоечные				внутреннего	наружного		
Разрезные	8		Отрезные, работающие:			Правильно-отрезные	Ленточно-пильные	Отрезные с дисковой	Отрезные ножовочные		
		резцом	абразивным кругом	гладким или насечным							

Лекция №3

					диском			пилой			
Разные	9		Трубо- и муфто- обрабатываю- щие	Пилонесека- тельные	Правильно и бесцентро- во- обдироч- ные		Для испы- тания инстру- ментов	Дели- тельные машины	Балансиро- вочные		