

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет «Инженерной механики и машиностроения»
Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям по выборочной учебной дисциплины цикла дисциплин по
выбору студентов

КОНСТРУКЦИОННЫЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Область знаний: 0505 Машиностроение и материалобработка

Направление подготовки: 6.050503 Машиностроение

Специальность «Мехатронные системы машиностроительного оборудования»

Донецк, 2011

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет «Инженерной механики и машиностроения»
Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям к выборочной учебной дисциплины цикла дисциплин по
выбору студентов

КОНСТРУКЦИОННЫЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

для студентов дневной, заочной и очно-заочной форм обучения

Область знаний: 0505 Машиностроение и материалобработка

Направление подготовки: 6.050503 Машиностроение

Специальность «Мехатронные системы машиностроительного оборудования»

Рассмотрено
на заседании кафедры
«Металлорежущие станки и инстру-
менты»

Протокол № ____ от « ____ »
« _____ » 20 __ г.

Утверждено на заседании
Учебно-издательского совета ДоНТУ

Протокол № ____ от « ____ »
« _____ » 20 __ г.

Донецк, 2011

УДК - _____

Методические указания к проведению практических занятий к выборочной учебной дисциплине цикла дисциплин по выбору студента «Конструкционные и инструментальные материалы» для студентов дневной, заочной и очно-заочной форм обучения области знаний 0505 Машиностроение и материалобработка направления подготовки: 6.050503 Машиностроение, вариативная часть «Мехатронные системы машиностроительного оборудование» Сост. И.В. Киселева.

Донецк: ДонНТУ, 2011 – с.

В методических указаниях изложены общие принципы выбора инструментальных материалов и многогранных неперетачиваемых пластин для конкретных условий обработки различных конструкционных материалов, даны рекомендации по их выбору.

Составитель:

И.В. Киселева, к.т.н., доцент

Ответственный за выпуск

В.В. Гусев, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой металлорежущих станков и инструментов

СОДЕРЖАНИЕ

1	Маркировка конструкционных материалов.....	6
1.1	Цель и задачи практического занятия.....	6
1.2	Порядок выполнения работы.....	6
1.3	Маркировка сталей.....	6
1.4	Маркировка чугунов.....	9
1.5	Маркировка меди и ее сплавов.....	10
1.6	Маркировка сплавов алюминия.....	12
1.7	Маркировка порошковых конструкционных материалов на основе цветных металлов.....	12
1.8	Задание для самостоятельного выполнения.....	13
2	Исследование макроструктуры металлов.....	14
2.1	Цель и задачи практического занятия.....	14
2.2	Теоретические сведения.....	14
2.3	Задания для самостоятельного выполнения.....	23
3	Маркировка многогранных неперетачиваемых пластин.....	27
3.1	Цель и задачи практического занятия.....	27
3.2	Принципы маркировки многогранных неперетачиваемых пластин.....	27
3.3	Задания для самостоятельного выполнения.....	32
4	Выбор марки твердого сплава для обработки детали.....	36
4.1	Цель и задачи практического занятия.....	36
4.2	Краткая характеристика твердых сплавов.....	37
4.3	Последовательность выбора марки инструментального материала.....	38
4.4	Задание для самостоятельного выполнения.....	49
5	Выбор многогранной пластины для конкретных условий работы.....	52
5.1	Цель и задачи практического занятия.....	52
5.2	Условные обозначения пластин.....	53
5.3	Последовательность выбора пластинки.....	54
5.4	Группы обрабатываемости материалов.....	55
5.5	Определение вида обработки и назначение глубины и подачи.....	56
5.6	Типы стружколомов.....	57
5.7	Выбор инструментального материала в зависимости от обрабатываемого, типа обработки и вида стружколома.....	61
5.8	Рекомендации по назначению скорости резания.....	63
5.9	Задание для самостоятельного выполнения.....	64
6	Выбор марки инструментального материала для конкретных условий обработки.....	68
6.1	Цель и задачи лабораторного занятия.....	68
6.2	Последовательность выбора марки инструментального материала.....	69
6.3	Выбор материала для обработки углеродистых конструкционных и	

инструментальных сталей	69
6.4 Выбор материала для обработки коррозионно-стойких сталей	72
6.5 Выбор материала для обработки чугунов и медных сплавов	74
6.6 Задание для самостоятельного выполнения	77

Практическое занятие №1

1 МАРКИРОВКА КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

1.1 Цель и задачи практического занятия

Целью работы является изучение принципов маркировки различных конструкционных материалов и приобретение навыков в расшифровке марок различных материалов.

После выполнения работы студент должен

знать: как в Украине осуществляется маркировка сталей, чугунов, сплавов цветных металлов, какими буквами обозначаются различные легирующие элементы, входящие в состав сплава;

уметь: расшифровать приведенные марки различных конструкционных материалов.

1.2 Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с принципами маркировки различных классов конструкционных материалов.

2. Для своего варианта расшифровать приведенные в задании марки конструкционных материалов.

1.3 Маркировка сталей

В Украине принята буквенно-цифровая маркировка конструкционных материалов. Входящие в состав сплава химические элементы обозначаются русскими буквами, цифра после буквы показывает процентное содержание этого элемента в сплаве.

1.3.1 Маркировка углеродистых сталей

Углеродистые конструкционные стали по качеству (в зависимости от содержания вредных примесей) подразделяют на две группы: стали обыкновенного качества и качественные стали.

➤ *Углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества*

Маркировка углеродистых сталей обыкновенного качества начинается с букв «Ст», после которых стоит цифра от 0 до 6. Например: Ст2кп, БСт3кп, ВСт3пс, ВСт4.

Ст – индекс данной группы стали. Цифры от 0 до 6 - это условный номер марки стали. Условный номер не связан с химическим составом стали. С увеличением номера возрастает прочность и снижается пластичность стали.

В зависимости от способа раскисления стали могут быть спокойными (сп), полуспокойными (пс) и кипящими (кп). Допускается в спокойных сталях буквы (сп) не писать.

Перед обозначением «Ст» могут стоять буквы А, Б и В. Для сталей группы А при поставке гарантируется соответствие механических свойств ГОСТу, в обозначении ин-

декс группы А не указывается. Для сталей группы Б гарантируется соответствие химическому составу, приведенному в ГОСТе, механические свойства в этом случае не регламентируются. Для сталей группы В при поставке гарантируются точное соответствие и механических свойств, и химического состава.

Примеры маркировки:

ВСт4 – сталь углеродистая обыкновенного качества, спокойная, с гарантированным соответствием ГОСТу химического состава и механических свойств;

СТ5кп - сталь углеродистая обыкновенного качества, кипящая, с гарантированным соответствием ГОСТу механических свойств.

➤ Качественные углеродистые конструкционные стали

В маркировке углеродистых сталей повышенного качества указывается слово «сталь» и двухзначное число, указывающее среднее содержание углерода в сотых долях процента. Кроме этого указывается степень раскисления, если сталь отличается от спокойной. Стали с содержанием углерода до 0,25% могут поставляться спокойными (сп), полуспокойными (пс) и кипящими (кп). Стали с содержанием углерода больше 0,25% поставляются только спокойными. Качественные стали поставляют только группы В - с гарантированными механическими свойствами и химическим составом, поэтому в обозначении не указывается.

Буква Г в маркировке обозначает, что сталь имеет повышенное содержание марганца (до 1,2%). Буква Л в конце марки обозначает, что сталь предназначена для получения отливок.

Примеры маркировки:

Сталь 15кп - углеродистая конструкционная качественная сталь с содержанием 0,15% углерода, 99,85% железа, кипящая;

Сталь 30Л - углеродистая конструкционная качественная сталь с содержанием углерода 0,30%, 99,7% железа, спокойная, применяется для деталей получаемых методом литья;

Сталь 30Г - углеродистая конструкционная качественная сталь с содержанием углерода 0,30%, спокойная, содержащая повышенное количество марганца;

Сталь 45 - углеродистая конструкционная качественная сталь с содержанием углерода 0,45%, остальное – железо, спокойная.

1.3.2 Маркировка легированных конструкционных сталей

Конструкционные легированные стали применяются для ответственных деталей машин и металлических конструкций.

Принята буквенно-цифровая система маркировки легированных сталей. Основные легирующие элементы обозначают буквами:

Х – хром	Т – титан	Г – марганец	К – кобальт
Н – никель	Б – ниобий	М – молибден	С – кремний
Ю – алюминий	Ц – цирконий	В – вольфрам	Р – бор
Ф – ванадий	А (в середине) – азот	Д – медь	П – фосфор

Маркировка начинается с двухзначного числа, показывающего содержание углерода в сотых долях процента. Если в начале цифр нет, то содержание углерода около 1%. Далее перечисляются легирующие элементы. Число, следующее за условным обозначением элемента, показывает его содержание в процентах. Если число не стоит, то содержание этого легирующего элемента не превышает 1,5 %.

Буква «А» в конце маркировки указывает, что сталь относится к категории высококачественных (ЗОХГСА), если буква «А» находится в середине маркировки - то сталь легирована азотом (16Г2АФ), в начале маркировки буква «А» указывает на то, что сталь автоматная с повышенной обрабатываемости резанием (А35Г2). Эти стали имеют повышенное содержание серы. Индекс «АС» в начале маркировки указывает, что автоматная сталь дополнительно содержит свинец.

Особо качественные стали, подвергнутые электрошлаковому переплаву, обеспечивающему очистку от сульфидов, оксидов и других примесей, обозначают добавлением в конце маркировки через тире буквы «Ш».

Примеры маркировки:

45ХН2МФ - конструкционная сталь, содержащая: 0,42-0,50%С; 0,5-0,8% Мп; 0,8-1,0 % Cr; 1,3-1,8 % Ni; 0,2-0,3 % Мо; и 0,10-0,18 % V, остальное - железо.

Г13 - конструкционная сталь, содержащая: 1% С, 13% Мп, остальное - железо.

15Х25Н19ВС2- конструкционная сталь, содержащая: 0,15%С, 25%Cr, 19%Ni, до 1,5%W, до 2 %Si, остальное - железо.

20ХГНТР-Ш высококачественная сталь после ЭШП, содержащая 0,2%С, по 1% хрома, марганца, никеля, титана, бора, остальное - железо.

1.3.3 Маркировка шарикоподшипниковых сталей

Стали, предназначенные для изготовления подшипников качения, обозначаются буквами «ШХ» и цифрой. Буквы означают «Ш» - шарикоподшипниковая, «Х» – хромистая. Цифра после буквы «Х» указывает содержание хрома в десятых долях процента.

Содержание углерода в подшипниковых сталях составляет около 1%. С увеличением содержания хрома и легирующих элементов увеличивается глубина прокаливаемости, то есть увеличивается возможность изготовления деталей большего размера с обеспечением заданных свойств.

Примеры маркировки:

ШХ6 - шарикоподшипниковая сталь, содержащая 1% углерода и 0,6% хрома;

ШХ15СГ - шарикоподшипниковая сталь; содержащая 1% углерода, 1,5% хрома, кремния и марганца до 1%, остальное - железо.

1.3.4 Маркировка порошковых сталей

Маркировка сталей, полученных методом порошковой металлургии, начинается с букв СП – сталь порошковая.

Первая цифра после букв «СП», как и в случае конструкционных сталей, показывает среднее содержание углерода в сотых долях процента. Последующие буквы обозначают легирующие элементы, а цифры после них - их среднее содержание в процентах (отсутствие цифры означает, что содержание соответствующего элемента ≈ 1 %).

В конце марки через тире указывается плотность материала в г/см³.

Пример маркировки:

СП40ХНЗМ-3 - сталь порошковая, содержащая: 0,35-0,45%С; 0,8-1,1%Сг; 2,5-3,5%Ni; 0,3-0,6%Мо, остальное - железо; плотность около 3 г/см³.

1.4 Маркировка чугунов

Чугун маркируется буквами, показывающими основной характер или назначение чугуна, и цифрами, соответствующими минимальному значению временного сопротивления при растяжении σ_{σ} в МПа/10. Для антифрикционного чугуна в начале маркировки указывается буква «А» (АСЧ, АВЧ, АКЧ).

1.4.1 Маркировка серых чугунов

Серый чугун маркируется буквами «СЧ» и цифрами, соответствующими минимальному значению временного сопротивления при растяжении σ_{σ} в МПа/10. Наибольшее распространение получили чугуны марок: СЧ12; СЧ15; СЧ18; СЧ21; СЧ24; СЧ28; СЧ32; СЧ38.

Прочность серых чугунов всех марок при сжатии значительно превышает прочность при растяжении. Например, для чугуна марки СЧ 24, имеющего предел прочности при растяжении 240 МПа, предел прочности при сжатии составляет 850 МПа.

Пример маркировки:

СЧ10 - серый чугун с пластинчатым графитом, временное сопротивление при испытаниях на растяжение $\sigma_{\sigma}=100$ МПа;

1.4.2 Маркировка высокопрочных чугунов

Высокопрочные чугуны маркируются буквами «ВЧ» и цифрами, которые характеризуют временное сопротивление чугуна при растяжении σ_{σ} в МПа/10.

Пример маркировки:

ВЧ70 - высокопрочный чугун с шаровидным графитом с пределом прочности на рас-

тяжение $\sigma_{\delta}=700$ МПа;

ВЧ35 - высокопрочный чугун, временное сопротивление растяжению $\sigma_{\delta}=350$ МПа;

1.4.3 Маркировка ковких чугунов

Ковкие чугуны маркируют буквами «КЧ» и цифрами, обозначающими временные сопротивления при растяжении σ_{δ} в МПа/10 и относительное удлинение δ в %.

Пример маркировки:

КЧ33-8 - ковкий чугун с хлопьевидным графитом, временное сопротивление растяжению $\sigma_{\delta}=330$ МПа, относительное удлинение $\delta=8\%$.

1.4.4 Маркировка антифрикционных чугунов

Для работы в узлах трения со смазкой применяют отливки из антифрикционного чугуна АЧС-1, АЧС-6, АЧВ-2, АЧК-2 и др., что расшифровывается следующим образом: АЧ - антифрикционный чугун; С - серый, В - высокопрочный, К - ковкий. Цифры обозначают порядковый номер сплава согласно ГОСТу 1585-79.

1.4.5 Маркировка легированных чугунов

Легированные чугуны маркируют аналогично сталям буквами и цифрами. Маркировка начинается с буквы Ч – чугун. Остальные буквы указывают содержание легирующих элементов в процентах. При содержании легирующего элемента менее 1,0% цифры за соответствующей буквой не ставятся. Условное обозначение химических элементов такое же, как и при обозначении сталей.

Пример маркировки:

ЧН19ХЗ — чугун, содержащий 19% Ni и 3% Cr, остальное - железо.

Если в легированном чугуне регламентируется шаровидная форма графита, в конце марки добавляется буква «Ш» (ЧН19ХЗШ).

1.5 Маркировка меди и ее сплавов

Технически чистая медь маркируется: М00 (99,99 % Cu), М0 (99,95 % Cu), М2, М3 и М4 (99 % Cu).

1.5.1 Маркировка латуни

Двойные или многокомпонентные сплавы на основе меди, где основным легирующим элементом является цинк, называются латунями.

Обозначают начальной буквой сплава Л - латунь, после чего следуют первые буквы основных элементов, образующих сплав и цифры, которые показывают содержание элементов в целых процентах. В латунях не указывается содержание цинка (цинк-остальное).

Основные легирующие элементы в латунях обозначают следующими буквами:

О – олово	Ж – железо	Мц – марганец	А – алюминий
Ф – фосфор	Б – бериллий	С – свинец	Х – хром
Н – никель	К – кремний		

Латуни делятся на деформируемые и литейные. В маркировке **деформируемой** латуни сначала перечисляются все буквы, а потом все цифры через дефис. В маркировке деформируемой латуни не указывается содержание цинка (цинк-остальное).

В маркировке **литейной** латуни после буквенного обозначения легирующего элемента ставится цифра, указывающая его усредненное содержание в сплаве. Остальное – медь.

Примеры маркировки:

Л62 - латунь деформируемая, содержащая меди 62%, остальное - цинк;

ЛЖМц59-1-1 - деформируемая латунь, содержащая 59% Cu, 1% Fe, 1% Mn, остальное цинк.

ЛАЖ60-1-1 деформируемая латунь содержит 60 % Cu, 1 % Al, 1 % Fe и 38 % Zn.

ЛЦ23А6ЖЗМц2 литейная латунь содержит 23 % Zn, 6 % Al, 3 % Fe, 2 % Mn, остальное - медь.

1.5.2 Маркировка бронзы

Бронзы - сплавы меди с другими элементами (алюминием, свинцом, бериллием, кремнием и т.д.). Элементы обозначаются такими же буквами, как в латунях. Бронзы маркируют буквами Бр, цифры за буквами указывают содержание легирующих элементов. В бронзах не указывается содержание меди (медь - остальное).

Бронзы подразделяются на деформируемые и литейные.

При маркировке **деформируемых** бронз на первом месте ставятся буквы Бр, затем перечисляются буквы, указывающие, какие элементы, кроме меди, входят в состав сплава. После букв идут цифры через дефис, показывающие содержание этих элементов в сплаве.

Маркировка **литейных** бронз также начинается с букв Бр, но цифры, указывающие содержание легирующих элементов в сплаве, ставятся непосредственно после соответствующей буквы.

Примеры маркировки:

БрОФ10-1 – оловянистая деформируемая бронза содержит 10 % олова, 1 % фосфора, остальное – медь.

БрКМц3-1 – кремнистая деформируемая бронза, содержащая 3% кремния и 1% марганца, остальное – медь.

БрО4Ц4С17 - литейная оловянистая бронза содержит 4 % олова, 4 % цинка, 17 %

свинца, остальное – медь.

БрС30 - свинцовая литейная бронза содержит 30% свинца, остальное - медь.

Некоторые бронзы имеют специальные названия:

БрН20 - мельхиор (20% Ni , 80% Cu),

БрН40 - константан (40% Ni , 60% Cu).

1.6 Маркировка сплавов алюминия

Алюминий высокой чистоты маркируется *A99 (99,99 % Al), A8, A7, A6, A5, A0* (содержание алюминия от 99,85 % до 99,0 %).

Сплавы на основе алюминия бывают деформируемыми и литейными. Основной легирующий элемент литейных сплавов - кремний (Si) и называются они силуминами.

Деформируемые сплавы бывают ковкими - обозначаются (АК) и обработанные прокаткой или волочением дуралюмины (Д). В маркировке сплава после букв следует условный номер сплава.

Примеры маркировки:

АЛ-2 - литейный алюминиевый сплав силумин;

Д16 - деформируемый алюминиевый сплав дуралюмин;

АК5 - деформируемый алюминиевый сплав дляковки (алюминий ковочный).

Сплавы алюминия с повышенным содержанием марганца или магния обозначают, соответственно, АМц, АМг; после обозначения элемента указывается содержание легирующего элемента (АМг3 – алюминий с содержанием марганца 3%).

1.7 Маркировка порошковых конструкционных материалов на основе цветных металлов

Марки порошковых конструкционных материалов на основе цветных металлов обозначают буквами и цифрами.

Первый буквенный индекс обозначает тип материалов: Ал - алюминий, Бе - бериллий, Бр - бронза, Л - латунь, В - вольфрам, Г - марганец, Д - медь, Ж - железо, М - молибден, Мг-магний, Н - никель, О - олово, С - кремний, Св - свинец, Ср - серебро, Т - титан, Ф - ванадий, Х - хром, Ц - цинк, Цр - цирконий.

Второй индекс «П» указывает, что материал получен методом порошковой металлургии. Следующие после него буквы и цифры обозначают легирующие элементы в целых процентах. Цифра в конце марки после тире, как и для черных металлов, обозначает группу пористости материала г/см³.

Примеры маркировки:

АлПМг6Г4-4 - конструкционный материал из порошка алюминия с содержанием магния 6%, марганца 4%, имеющий четвертую группу пористости (плотность 4

г/см³);

БрПО-4 - конструкционный материал из порошка бронзы, содержащий олова 4%, меди 96%, имеющий четвертую группу пористости (плотность 4 г/см³);

ЛП80-4 - конструкционный материал из порошка латуни, содержащий меди 80%, цинка 20%, имеющий четвертую группу пористости (плотность 4 г/см³);

ТПАлбМ2-4 - конструкционный материал из порошка титана, содержащий алюминия 6%, молибдена 2%, остальное - титан, имеющий четвертую группу пористости (плотность 4 г/см³);

ЖГр0,4Д4НЗ-7,3 - конструкционный порошковый материал на основе порошка железа (Ж), содержащий 0,4% графита, 4% меди, 3% никеля и имеющий плотность 7,3 г/см³.

1.8 Задание для самостоятельного выполнения

Расшифруйте следующие марки конструкционных материалов:

Вариант 1

Сталь 08кп, 12ХН, 15Х2МА, 35ХГЛ, ШХ4-Ш, Х18Н10Т, 40Г2, 38Х2МЮА, 55С2, ШХ15, 08Х16Н13М2, Л70, ЛАЖ60-1-1, ЛЖС58-1-1, ЛС74-3, ЛЦ40Мц3А, ЛЦ35НЖА, МНЦ16-29-1,8, БрОЦ4-4, БрО19, БрО10Ц2, БрАЖМц10-3-1,5, СЧ30, СЧ38, ВЧ70, КЧ65-3, ЧХ32, ЧНХТ, ЧС5, КЧ45-6 БрО3Ц12С5.

Вариант 2

Сталь 20, 18ХГ-Ш, А12, 16Х18Н12С4Л, 09Г2, 17ГС18Х2Н4МА, 30Х, 9Х16, ШХ15, 12Х18Н9, 40Х10С2М, 50ХН, 35ГЛ, 20Х13Л, Л75, ЛА85-0.5, ЛЦ30А3, ЛЦ35Н2Ж, ЛЦ36Мц20О2С2, ЛЦ16К4, ЛЦ40Мц3Ж, БрО3Ц7С5Н, БрОФ6,5-0,4, СЧ24, ВЧ100, АЧС-4, ЧС17, ЧН15Д7Х2, КЧ60-3, ЧХ3. БрО4Ц4С17.

Вариант 3

Сталь 60, 20ХГНТР-Ш, 20Г1ФЛ, ШХ20СГ, А20, 08Х19Н10Т, 03Н18К9М5Т38ХА, 20ХН, 34ХНМ, 70С2ХА, 10ХН13М3Т, 9Х, 35Л, 20ГСЛ, 20ХМФЛ, Л60, ЛОМн72-2-2, ЛЦ40АЖ, ЛС59-1. БрОФ7-0.2. БрО8Н4Ц2. БрО5Ц5С2, МНЦ15-20, СЧ18; СЧ12; ВЧ50, АСЧ-4, КЧ30-6. ЧЮ22-Ш, ЧХ2.

Вариант 4

Сталь 45, 12Х2Н4А, 15Л, А40Г, ШХ15, 30Х3МФ, 09Х16Н4Б, 18Г2АФ, 30Х3МФ, 38ХН3МА, 110Г13Л, 08Х15Н4ДМЛ, 20Л, 4Х5МФС, Л96, ЛН65-5, ЛА77-2, ЛО60-1, ЛЦ14К3С3, БрО3Ц12С5, БрАЖ9-4, МН19, МНЖМц30-1-1, СЧ20, СЧ32; ВЧ45, АСЧ-3, ЧС5-Ш, КЧ37-12, КЧ50-4.

Вариант 5

Сталь 15, 06Х16Н15М3Б-Ш, 15Х, 12ХН3А, 30ХН2МА, 08Х14НДЛ, 20Х25Н20С2, ШХ4-Ш, 20ГСЛ, 65С2ВА, 3Х3М3Ф, 30ХМА, ШХ20СГ, ШХ15, 15Л, ЛЖМц59-1-1,

ЛО90-1, ЛО63-3, ЛЦ23А6Ж3Мц2, БрА7, БрО8С12, СЧ28, СЧ10, ВЧ40, ЧХ12, ВЧ30, КЧ30-6, ЧХ3, ЧН15Д7Х2, ЧС5.

Вариант 6

Ст6пс, 12Х3НА, 30ХН24ФА, 30ХН2МФА, 15ХФ, 20Х2Н4А, ШХ15СГ, 45Х, 25Г, 15ХРА, МНЦ12-24, БрНХК2,5-0,7-0,6, МНЖКТ5-1-0,2-0,2, БрХ, МН25, КЧ33-8, ЧХ12М, ЧХ18НМ, КЧ55-4, АЧВ-1, АЧК-2, СЧ18, ВЧ100, ЧН2Х, 20Х20Н14С2, Л96, БрО5Ц5С2, ЛАЖ60-1-1, ШХ4-Ш, ЛО60-1.

Практическое занятие № 2

2 ИССЛЕДОВАНИЕ МАКРОСТРУКТУРЫ МЕТАЛЛОВ

2.1 Цель и задачи практического занятия

Цель работы – изучение методов исследования макроструктуры сталей и сплавов по шлифам и изломам, приобретение навыков обнаружения дефектов макроструктуры, изучение влияния макроструктуры на свойства сплавов.

После выполнения практического занятия студент должен

знать: методы исследования макроструктуры, информацию о сплаве, которую можно получить по его макроструктуре, влияние макроструктуры на свойства сплава;

уметь: описать макроструктуру приведенного образца, определить возможные свойства сплава по его макроструктуре.

2.2 Теоретические сведения

Показатели свойств материала в материаловедении связывают с особенностями строения материала. Различают макростроение, микростроение и субмикростроение материалов. Соответственно изучение этого строения называется макроанализом, микроанализом, субмикроанализом. Макроанализ проводится без увеличения или при небольшом увеличении, микроанализ – при увеличении, достигаемом оптическими системами, субмикроанализ - с помощью рентгеновских и электронных микроскопов.

Макроанализ: - изучение структуры материалов визуально или с помощью простейших оптических приборов с увеличением до 50 раз. Макроанализ широко применяется в металлургической и машиностроительной промышленности.

Строение металлов, изучаемое при помощи макроскопического анализа (макроанализа) называется макроструктурой. Макроструктуру изучают на плоских образцах — **темплетах**, вырезанных из изделия или заготовки, а также на изломах изделия. Для выявления макроструктуры поверхность темплета тщательно шлифуют, затем травят растворами кислот или щелочей.

С помощью макроструктурного анализа определяют:

характер излома (хрупкий, вязкий, усталостный);

размеры зерна;

форму и расположение кристаллитов (зёрен) в разных частях изделия,

дефекты, нарушающие сплошность металла: неметаллические включения, воло­совины, пористость, рыхлость, раковины, расслоения, флокены, трещины;

химическую неоднородность (ликвации): распределение примесей и неметалли­ческих включений в объеме отливки;

2.2.1 Определение вида излома

Излом – поверхность, образующаяся после разрушения образца или изделия. Разли­чают изломы хрупкий (например, у керамики, закаленных сталей); вязкий со след­ами местной пластической деформации на поверхности излома; усталостный – после разрушения в результате многократного нагружения. Анализ изломов имеет важное значение при установлении причин аварий и поломок. Макроскопический анализ структуры изломов называется **фрактографией**.

По виду излома можно судить о величине зерна металла или сплава, наличии пере­грева, причине разрушения (усталостный излом), о наличии расслоения, рыхлости и др. Изломы бывают кристаллические (зернистые), волокнистые и смешанные, про­дольные и поперечные.

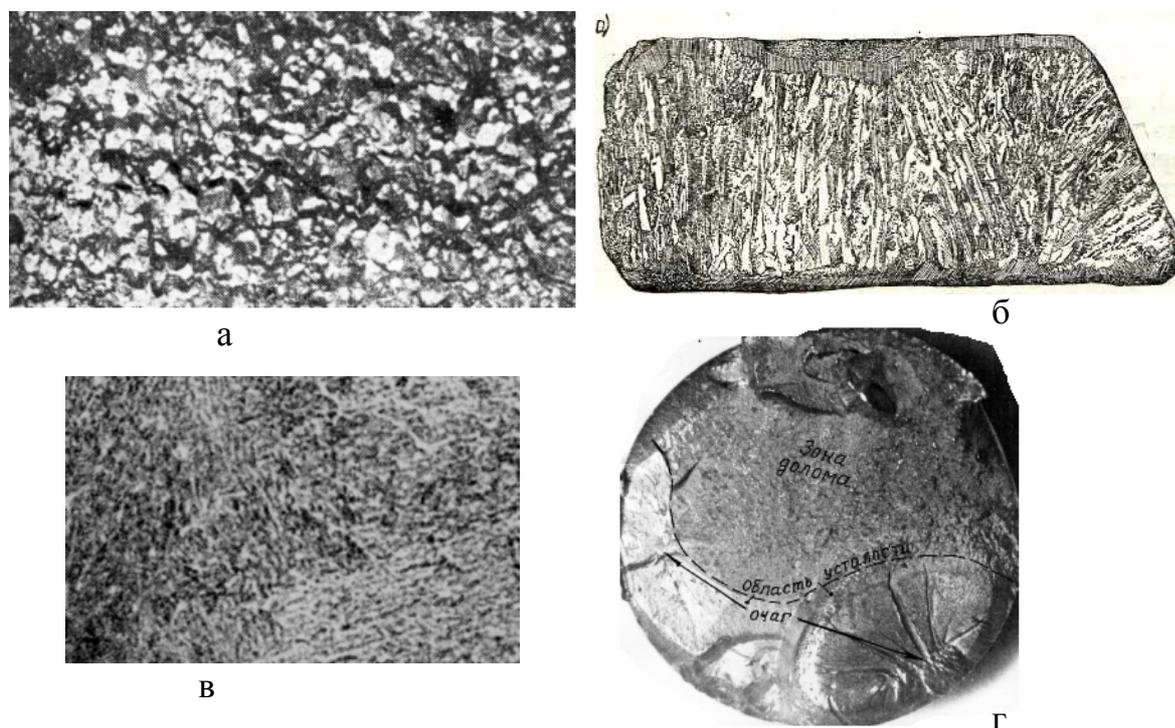


Рисунок 2.1 - Виды изломов:

а – хрупкий интеркристаллитный, б – хрупкий транскристаллитный, в – вязкий; г – усталостный

Вязкий (волокнистый) излом обычно наблюдается после пластической деформации

образца с появлением шейки перед разрушением. Волокнистый излом имеет место в отожженных доэвтектоидных сталях, а также в сталях, улучшенных термической обработкой (закалка, высокий отпуск). Вязкие изломы не имеют кристаллического блеска, имеют матовый вид, характеризуют доброкачественную структуру металла (рис.2.1,в).

Хрупкий (кристаллический) излом характеризуется чётко выраженными границами зёрен, без видимых следов их пластической деформации, Поверхность излома состоят из множества блестящих площадок. Различают следующие разновидности хрупкого излома: транскристаллический (проходит по телу зерна), межкристаллический (интеркристаллический), крупнозернистый, мелкозернистый, нафталинистый, камневидный, шиферный, усталостный (рис.2.1,а,б).

Хрупкому разрушению подвержены закаленные стали, чугуны и другие хрупкие материалы. Металл, склонный к хрупкому разрушению, может разрушиться даже под действием небольших внешних сил.

Усталостный излом встречается в деталях, работавших при циклических нагрузках (рельсы, оси, валы, шестерни, штоки, клапанные пружины и др.). На изломе поверхности разграничиваются на очаг разрушения (риски, забоины, трещины, неметаллические, газовые включения), зону постепенного развития усталостной трещины и зону излома (рис.2.1,г).

Процесс разрушения в этом случае обычно начинается у поверхности детали и постепенно распространяется вглубь, давая сглаженную поверхность в местах зарождения трещин. Когда сечение детали значительно ослабевает, в результате увеличения количества микротрещин и роста их протяженности, происходит мгновенное, полное разрушение детали с хрупким строением второй части излома (рис.2.2).

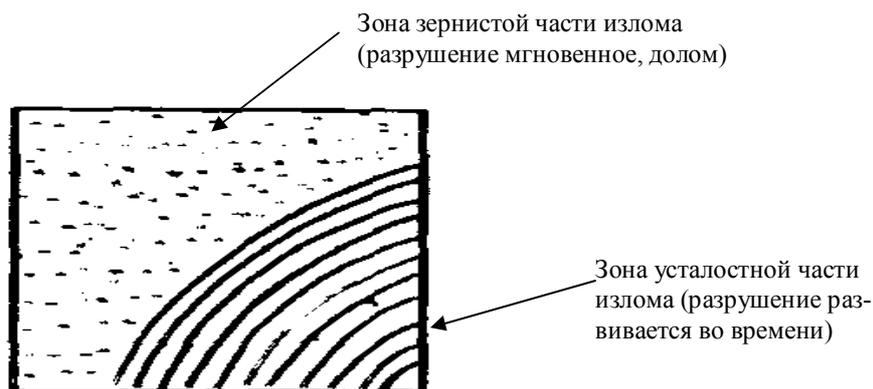


Рисунок 2.2 - Схема усталостного излома, прошедшего по шейке коленчатого вала

Если деталь работала при нормальных нагрузках (без перегрузок), а металл обладал достаточно высокой пластичностью, то зона медленного разрушения значительно больше зоны мгновенного разрушения. И наоборот, если работа детали сопровожда-

лась временными перегрузками, или металл имел высокую твердость и низкую вязкость, то зона медленного разрушения занимает малую площадь, а зона мгновенного излома - большую площадь в сечении излома.

Обычно разрушение деталей в результате усталости наблюдается при несовершенстве их геометрической формы (наличие резких переходов от одной поверхности к другой), наличии на поверхности задиров, рисок, царапин, загрязнённости металла неметаллическими включениями.

2.2.2 Определение размера зерна

Большое влияние на свойства металла оказывает размер зерна. Величина зерна зависит от многих факторов: химического состава сплава, условий его кристаллизации, условий последующей пластической деформации (в горячем или в холодном виде), термической обработки. Величина зерен колеблется в широких пределах от долей микрометра до нескольких миллиметров.

Размер зерна оценивается баллами (рис.2.3). Балл зерна прямо пропорционален числу зерен, помещающихся на 1 мм^2 шлифа, и обратно пропорционален среднему диаметру зерна. Для зерна №1 средний диаметр составляет 0,25 мм, на 1 мм^2 помещается 16 зерен. Для зерна №6 средний диаметр составляет 0,044 мм, на 1 мм^2 помещается 512 зерен. Условно принято считать, что металлы с зерном от 1 до 5 балла относятся к крупнозернистым, а с более высоким баллом зерна (№ 6–15) — к мелкозернистым.

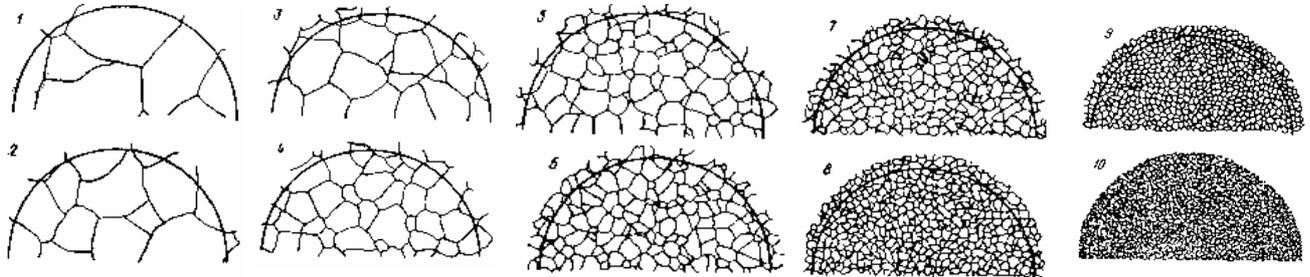


Рисунок 2.3 - Эталонная шкала баллов для оценки размера зерна стали

Физические свойства материала определяются свойствами отдельных зерен, их взаимодействием друг на друга и свойствами границ зерен. Размер зерен их форма и ориентация существенно влияет на эксплуатационные и технологические свойства металлов. Желательна более мелкая зернистость, так как механические свойства мелкозернистого металла выше, чем крупнозернистого. Кроме того, мелкозернистые металлы менее хрупки. Крупнозернистый металл имеет низкую сопротивляемость удару, при его обработке резанием трудно получить низкую шероховатость поверхности деталей.

Особенно резко величина зерна влияет на сопротивление металла динамическим нагрузкам и на его вязкость. Чем крупнее зерно, тем сплав более хрупкий. Хрупкость металла может явиться причиной разрушения деталей машин и конструкций в про-

цессе их эксплуатации.

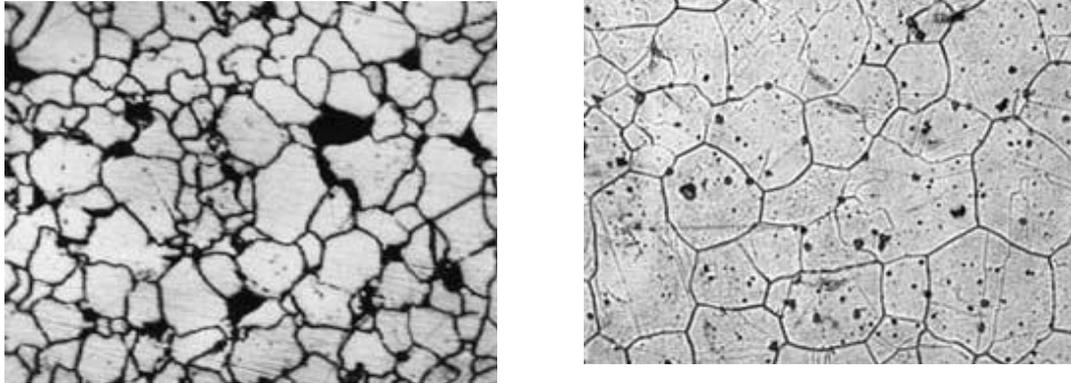


Рисунок 2.4 - Примеры изображений полированных образцов стали под микроскопом

Особенно резко величина зерна влияет на сопротивление металла динамическим нагрузкам и на его вязкость. Чем крупнее зерно, тем сплав более хрупкий. Хрупкость металла может явиться причиной разрушения деталей машин и конструкций в процессе их эксплуатации.

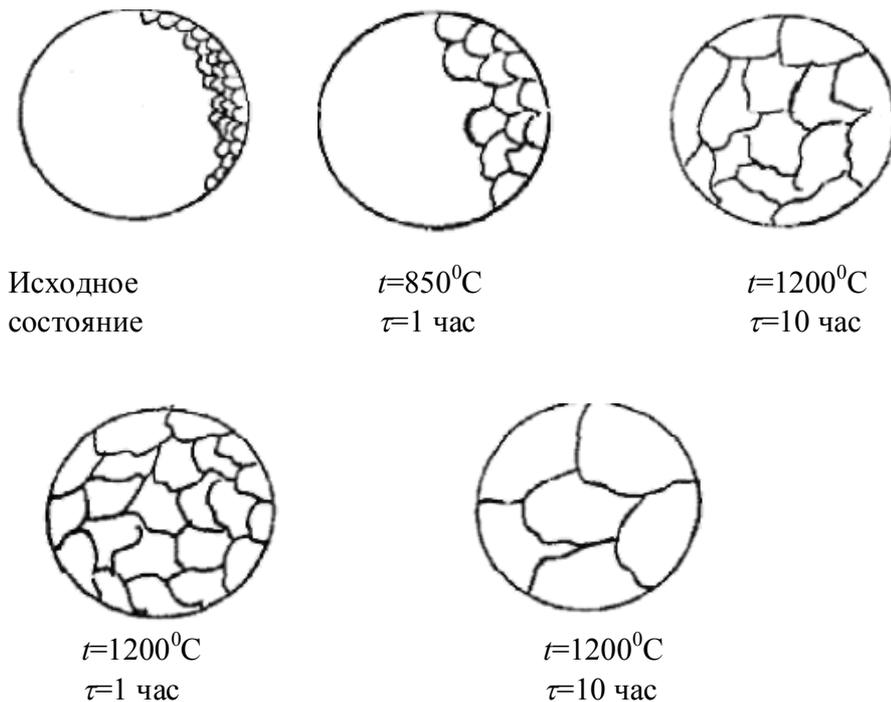


Рисунок 2.5 - Схема роста зерна в сталях

При ускоренном охлаждении жидкого металла или при введении в жидкий металл специальных присадок – модификаторов, структура получается мелкозернистой. При последующем высокотемпературном и длительном нагреве металла, зерна могут увеличиваться до значительных размеров (рис.2.5). Пластическая деформация (прокатка, ковка, штамповка), термическая обработка (отжиг, нормализация, закал-

ка) могут вернуть сплаву мелкозернистое строение, разрушить крупное зерно, не нарушая сплошности металла.

2.2.3 Оценка качества металла методом глубокого травления

Для выявления в металле различных металлургических дефектов, нарушающих сплошность металла, а также для выявления строения металла (дендритное или волокнистое) применяется метод глубокого травления. Сущность метода заключается в том, что из определенного места слитки, заготовки или детали вырезается темплет, который шлифуется и травится специальным реактивом. В результате разной скорости растворения в кислотном растворе здоровых и дефектных участков металла, а также участков металла, имеющих разную структуру и химический состав, на плоскости разреза отчётливо все дефекты металла и особенности его макроструктуры. Например, травление поперечного среза сварного шва дает возможность выявить места непровара, пузыри, зону термического влияния, трещины и т.п (рис.2.6).



Рисунок 2.6 – Макроструктура сварного шва

При травлении продольного и поперечного сечения слитка выявляется расположение и размеры кристаллов дендритов в центре и на периферии. При соприкосновении жидкого металла со стенками изложницы 1 (рис.2.7) в начальный момент образуется зона мелких равноосных кристаллов 2.

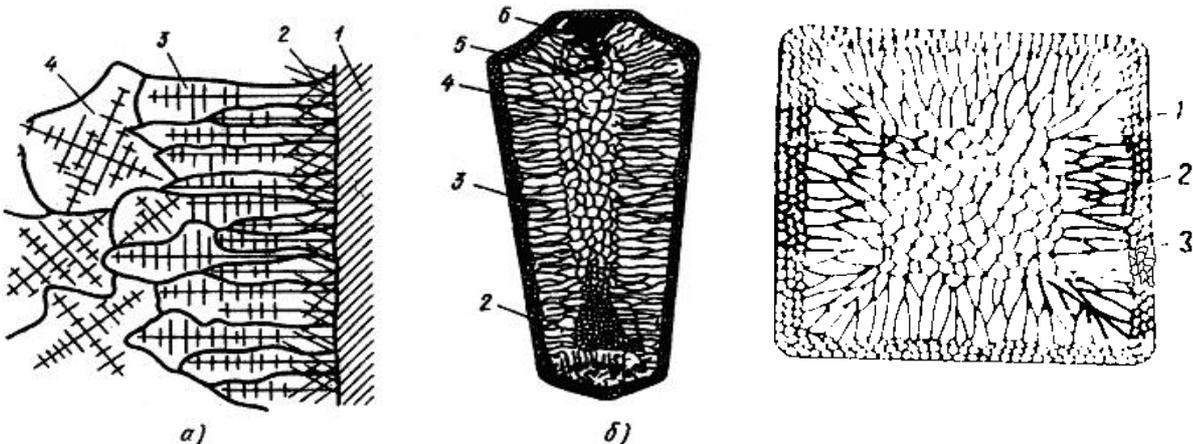


Рисунок 2.7 - Макростроение слитка

а - расположение дендритов в наружных частях слитка, б - строение слитка; 1- стенки изложницы, 2 - мелкие равноосные кристаллы, 3 - древовидные кристаллы, 4 - равноосные неориентированные кристаллы больших размеров, 5 – усадочная пористость, 6 - усадочная раковина

Так как объем твердого металла меньше жидкого, между стенкой изложницы и застывшим металлом образуется воздушная прослойка и сама стенка нагревается от соприкосновения с металлом, поэтому скорость охлаждения металла, снижается, и кристаллы растут в направлении отвода теплоты. При этом образуется зона 3, состоящая из древовидных или столбчатых кристаллов. Во внутренней зоне слитка 4 образуются равноосные, неориентированные кристаллы больших размеров в результате замедленного охлаждения.

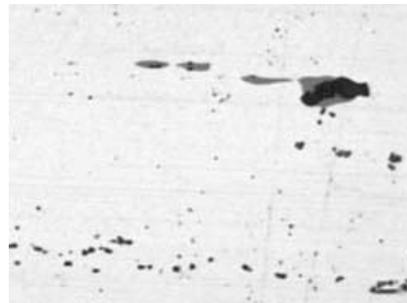
В верхней части слитка, которая затвердела в последнюю очередь, образуется усадочная раковина 6 вследствие уменьшения объема металла при охлаждении. Под усадочной раковиной металл в зоне 5 получается рыхлым из-за большого количества усадочных пор. Для получения изделий используют только центральную часть слитка, удаляя усадочную раковину и рыхлый металл для последующего переплава.

➤ Неметаллические включения

К неметаллическим включениям относятся примеси, попадающие в металл в процессе его выплавки, например, MgS , FeS , SiO_2 , Al_2O_3 и другие. Неметаллические включения могут быть пластичными и при деформации металла принимать нитевидную форму, как, например MgS (сульфид марганца) (рис.2.8,а), или хрупкими, которые при деформации металла разрушаются, не деформируясь, и располагаются в виде цепочек, как, например Al_2O_3 (окись алюминия) (рис.2.8,б).



а



б

Рисунок 2.8 - Примеры образцов стали с неметаллическими включениями (оксидами и сульфидами)

Неметаллические включения нарушают сплошность металла. Чем острее форма включения, тем большая опасность возникновения в этих местах высоких напряжений. При значительных переменных нагрузках эти места могут явиться началом возникновения усталостной трещины. Неметаллические включения часто могут быть выявлены на магнитных дефектоскопах лишь после окончательной обработки деталей.

➤ Пористость

Пористость обнаруживается в виде точечных пустот, как результат наличия в стали газовых пузырей, которые образуются в процессе кристаллизации металла, на-

сыщенного различными газами (кислородом, азотом, водородом). Газы могут равномерно распределяться по всему объёму металла, заполняя различные несплошности (рис.2.9,а) (так называемая рассеянная пористость), или концентрироваться в подкорковой зоне металла (рис.2.9,б).

Пористость, уменьшая плотность металла, понижает характеристики его механических свойств (твёрдость, предел прочности, предел текучести, относительное удлинение, ударную вязкость).

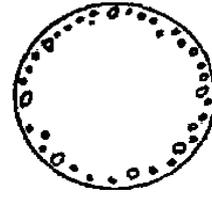
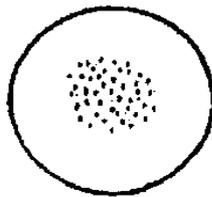
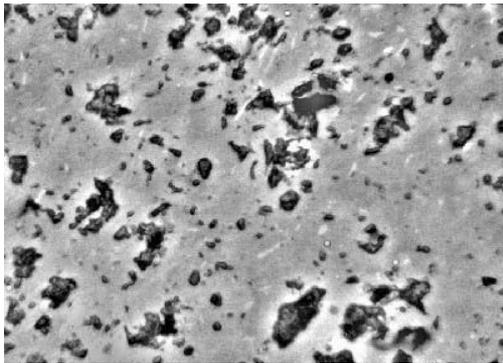
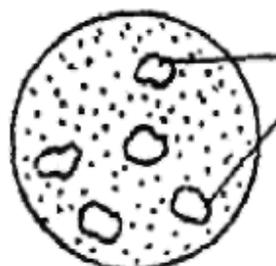
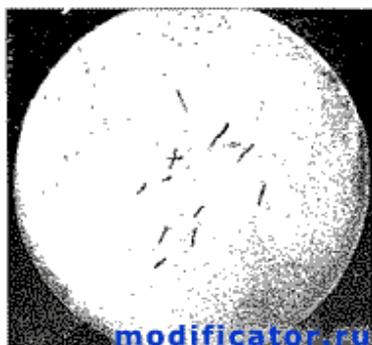


Рисунок 2.9 - Пористость в структуре стали

Другим способом макроисследования является изучение строения металлических материалов на специальных темплетях (образцах). После травления специальными растворами шлифованной поверхности темплета на ней выявляется кристаллическая структура, волокнистость, дендритное строение, неоднородность металла. Например, травление поперечного среза сварного шва дает возможность выявить места непровара, пузыри, зону термического влияния, трещины и т.п.

➤ Флокены

Флокены — внутренние трещины в стальных поковках и прокатной продукции (иногда в слитках и отливках). Причиной возникновения флокенов являются выделения из стали водорода, растворившегося в ней процессе выплавки (водород попадает в сталь из шихта, из печных газов).



Светлые серебристые пятна флокенов

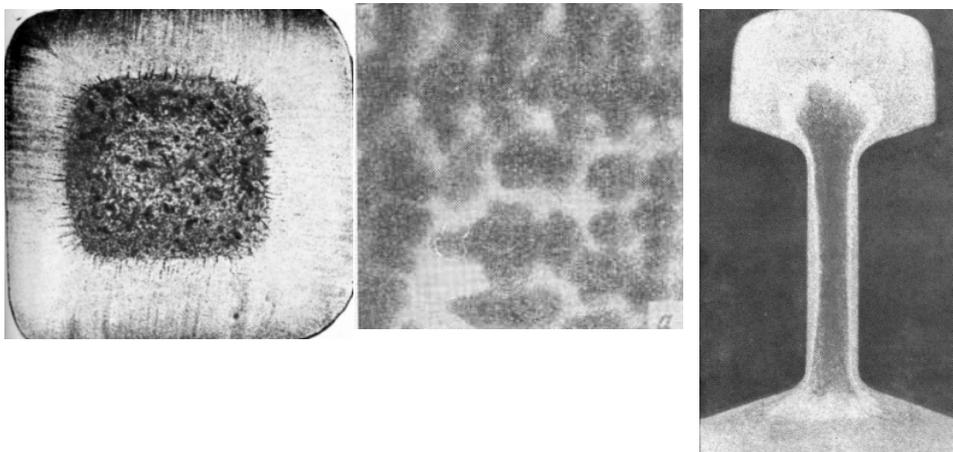
Рисунок 2.10 - Флокены в стали

На темплетях флокены выявляются в виде тонких волосных трещин, а в изломе закаленных образцов представляют собой овальные серебристо-белые пятна (рис.2.10).

Флокены понижают пластичность и вязкость стали, сокращают срок службы изделий и приводят к неожиданным авариям. Способы борьбы с флокенами: вакуумирование жидкой стали, при котором содержание водорода снижается до безопасного уровня, а также длительный, изотермический (обезводороживающий) отжиг заготовок или изделий при $(650-750)^{\circ}\text{C}$. Растворимость водорода в стали уменьшается с понижением её температуры. Если охлаждение после прокатки иликовки происходит медленно, то водород успевает продиффундировать и удалиться в атмосферу.

2.2.4 Химическая неоднородность (ликвация)

Ликвация — неоднородность сплава по химическому составу, структуре и неметаллическим включениям, образующаяся при кристаллизации слитка, отливки. Ликвация возникает в результате того, что сплавы, в отличие от чистых металлов, кристаллизуются не при одной температуре, а в интервале температур. При этом состав кристаллов, образующихся в начале затвердевания, может существенно отличаться от состава последних порций кристаллизующегося маточного раствора. Чем шире температурный интервал кристаллизации сплава, тем большее развитие получает ликвация, причем наибольшую склонность к ней проявляют те компоненты сплава, которые наиболее сильно влияют на ширину интервала кристаллизации (для стали, например, S, P, C, O). Ликвация ухудшает механические свойства сплавов, делает их неоднородными по сечению слитка.



а)

б)

в)

Рисунок 2.11 - Химическая неоднородность стали (ликвация):

а – зональная ликвация фосфора и серы, б – дендритная ликвация, в – зональная ликвация серы

Ликвация может быть зональной или дендритной. **Зональная ликвация** является следствием неравномерного распределения химических элементов по сечению слитка или проката (рис.2.10,а). **Дендритная ликвация** происходит в пределах отдельных кристалликов как результат разной растворимости того или иного элемента в твёрдой фазе (рис.2.10,б). При дендритной ликвации содержание элементов в теле дендрита и междендритном пространстве различное.

Сера и фосфор являются вредными примесями, увеличение их содержания приводит к охрупчиванию металла. В ряде случаев, при общем небольшой количестве, сера и фосфор могут концентрироваться в отдельных зонах сечения и достигать опасных пределов (рис.2.10,в). Поэтому важно знать не только абсолютное количество этих элементов в стали, но и характер их распределения.

2.2.5 Волокнистая структура

Волокнистая структура обнаруживается в металле, подвергнутом пластической деформации (прокатке, ковке, штамповке). В процессе деформации, например прокатки, литой металл деформируется в определенном направлении. Имеющаяся в металле неоднородность также ориентируется в направлении деформации. Вытягивается вдоль прокатки дендриты и междендритные области - зоны, обогащенные серой и фосфором, вытягиваются поры, образующие при этом тончайшие капилляры, деформируются неметаллические включения.

Ориентированная в определенном направлении макроструктура приводит к неоднородности механических свойств металла различных направлениях. Образцы металла, вырезанные для механических испытаний в поперечном направлении, обычно обладают меньшей прочностью. Различие в свойствах иногда бывает в 2-3 раза.

При изготовлении деталей штамповкой стремятся осуществить такой процесс штамповки, при котором волокно повторяло бы контуры детали так.

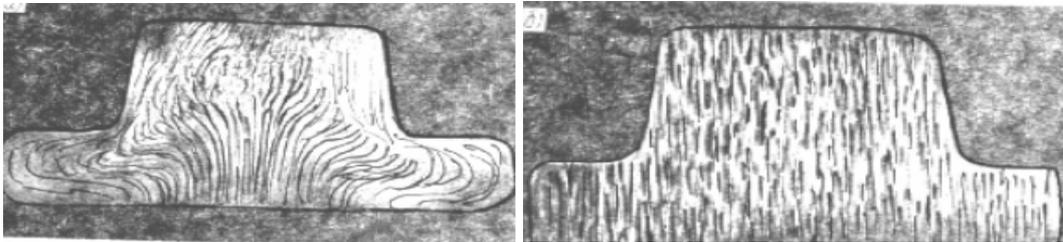
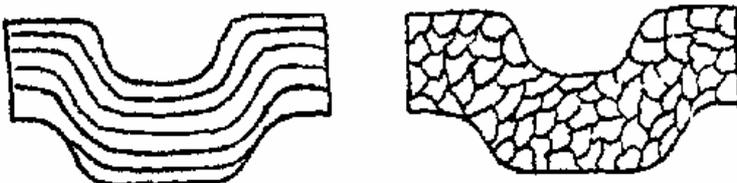


Рисунок 2.12 – Макроструктура деталей, изготовленных ковкой (а), обработкой резанием (б)

2.3 Задания для самостоятельного выполнения

Задача 1

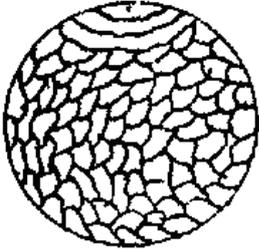
Даны макроструктуры двух коленчатых валов.



1. Опишите макроструктуры, указанные на рисунках.
2. Какими способами получены коленчатые валы с данными макроструктурами?
3. Какими методами выявляют макроструктуру материала?

Задача 2

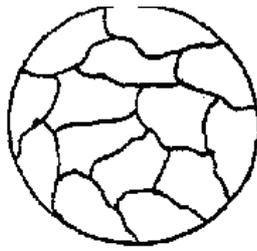
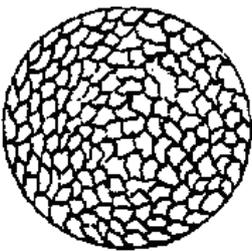
Два коленчатых вала разрушились в процессе эксплуатации в области шатунных шеек. Виды изломов изображены на рисунках.



1. Опишите вид и строение изломов.
2. Опишите характер нагружения коленчатых валов.
3. Каковы причины их разрушения?
- 4.

Задача 3

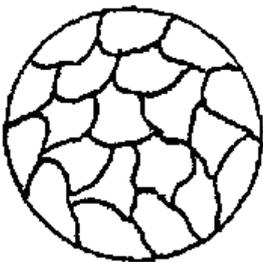
Качество нагрева металла под штамповку контролируется по излому. Опишите изображенные на рисунках изломы и укажите основные факторы, влияющие на рост зерна.



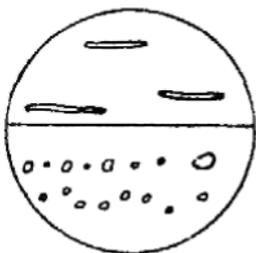
1. Опишите влияние температуры нагрева на размер зерна.
2. Опишите влияние времени нагрева на размер зерна.
3. Опишите влияние химического состава на размер зерна.

Задача 4

Две одинаковые детали из алюминиевого сплава (силумина) были отлиты в землю и кокиль.



1. Опишите влияние скорости кристаллизации на величину зерна.
2. Как отражается на величине зерна количество центров кристаллизации, зарождающихся в единице объёма в единицу времени.
3. Что такое модифицирование и каково его влияние на величину зерна.

Задача 5

Неметаллические включения располагаются в виде тонких вытянутых линз или округлых разрозненных включений.

1. Какие виды неметаллических включений встречаются в сталях?
2. Каковы причины их попадания в металл?
3. Как влияют неметаллических включений на механиче-

ские свойства?

4. Как уменьшить количество неметаллических включений в металле?

Задача 6

Два стальных болта изготовлены из проката штамповкой и обработкой резанием.

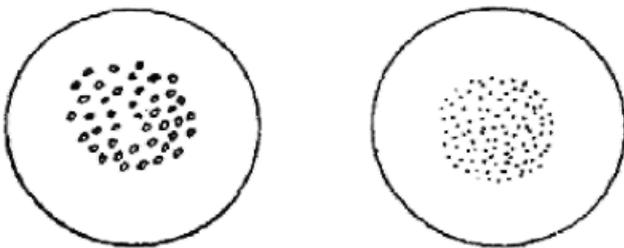


1. Какой болт изготовлен штамповкой, а какой обработкой резанием?
2. Какой из болтов имеет более однородные механические свойства (ударную вязкость) в продольном и поперечном направлениях?

3. Какими методами можно выявить макроструктуру материала?

Задача 7

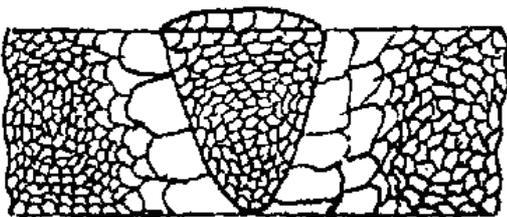
На рисунке приведены образцы, вырезанные из двух прокатанных прутков, имеющих различную ликвацию по сере.



ские свойства?

1. Что такое ликвация, виды ликвации.
2. Какие компоненты наиболее склонны к ликвации?
3. Какими методами можно выявить ликвацию серы?
4. Как влияет ликвация на механические свойства?

Задача 8



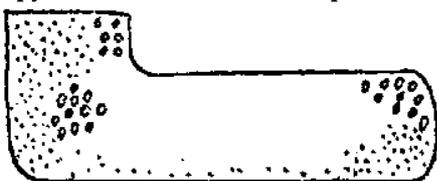
шва и околошовной зоны.

Сварной шов после сварки плавящимся электродом приобрёл макроструктуру, указанную на рисунке.

1. Опишите макроструктуру шва и околошовной зоны.
2. Укажите причину неоднородного строения

Задача 9

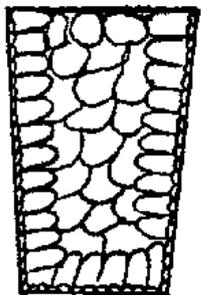
В стальных деталях после отливки их в земляную форму была обнаружена повышенная пористость.



1. Опишите возможные причины образования пористости в литых деталях.
2. Как влияет пористость на свойства отливок?

3. Какими способами можно предупредить образования пористости?

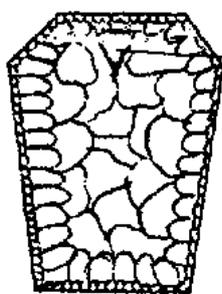
Задача 10



Стальной слиток после полного охлаждения имеет макроструктуру, указанную на рисунке.

1. Опишите макроструктуру стального слитка.
2. Что такое зональная и дендритная ликвации?
3. Как влияет ликвация на свойства материала?

Задача 11

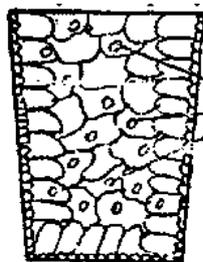


усадочная раковина

Стальной слиток после полного охлаждения имеет макроструктуру, указанную на рисунке.

1. Опишите макроструктуру стального слитка.
2. Что такое зональная и дендритная ликвации?
3. Каковы причины образования усадочной раковины? Как этого избежать?

Задача 12



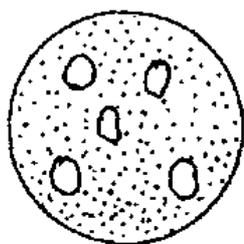
пористость по всему сечению слитка

Стальной слиток после полного охлаждения имеет макроструктуру, указанную на рисунке.

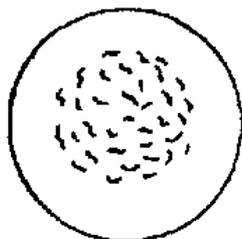
1. Опишите макроструктуру стального слитка.
2. Что такое зональная и дендритная ликвации?
3. Каковы причины образования пористости

по всему сечению слитка? Как этого избежать?

Задача 13



излом



поперечное сечение

В изломе хромоникелевой стали видны своеобразные белые (серебряные) пятна, в поперечном сечении на макрошрифте указанные дефекты выявляются в виде извилистых трещин, различной протяжённости.

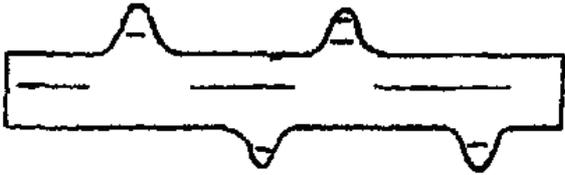
1. Как называется изображённый на рисунках дефект, причины

возникновения дефекта.

2. Меры, применяемые для предупреждения дефекта.

Задача 14

Заготовки кулачковых валиков получают штамповкой. После механической обработки на валике и кулачках были выявлены прямолинейные трещины различной протяженности.



1. Как называется такой дефект и каковы причины его возникновения?
2. В чём заключается опасность дефекта?
3. Каковы методы борьбы и методы выявления дефекта?

Практическое занятие № 3

3 МАРКИРОВКА МНОГОГРАННЫХ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫХ ПЛАСТИН

3.1 Цель и задачи практического занятия

Цель работы – изучение принципов маркировки многогранных неперетачиваемых пластин.

После выполнения практического занятия студент должен

знать: принципы маркировки многогранных неперетачиваемых пластин;

уметь: расшифровать параметры многогранной неперетачиваемой пластины по ее маркировке.

3.2 Принципы маркировки многогранных неперетачиваемых пластин

Появление сменных многогранных пластин (СМП) знаменует новый этап в инструментальном обеспечении станков. Согласно ГОСТ 19042-80 многогранные пластины разделяются на режущие, опорные и стружколомы. Первые используют для изготовления рабочей части инструмента, вторые являются опорой режущих пластин, обеспечивают их точное базирование и продолжительный срок службы державки.

S	N	G	N	12
1. Основная форма	2. Задний угол	3. Класс допуска	4. Разновидность передней поверхности и крепления	5. Размер
07	16	T	(N)	02020MT
6. Толщина	7. Радиус при вершине	8. Форма режущей кромки	9. Направление резания	10. Дополнительный код изготовителя

Рисунок 3.1 - Обозначение режущих многогранных неперетачиваемых пластин

Режущие пластины различаются по конструкции, размерам, точности изготовления, исполнению, геометрии и т.д. Вся эта информация приводится в обозначении пла-

стины. В мире принято буквенно-цифровое обозначение пластин. Для обозначения СМП применяется 13-разрядный код, 10 разрядов которого являются обязательными (рис.3.1). Первые четыре разряда — буквы.

Ниже приведена расшифровка всех обозначений.

➤ *1 Буква, обозначающая форму пластины*

По форме пластины бывают:

- Н – шестигранные;
- О – восьмигранные;
- Р – пятигранные;
- К – круглые;
- С – квадратные;
- Т – треугольные;
- С – ромбическая с углом при вершине 80° ;
- D - ромбическая с углом при вершине 55° ;
- Е - ромбическая с углом при вершине 75° ;
- М - ромбическая с углом при вершине 86° ;
- V - ромбическая с углом при вершине 35° ;
- W (02) - шестигранная с углом при вершине 80° ;
- L - прямоугольные;
- А - параллелограммная с углом при вершине 85° ;
- В - параллелограммная с углом при вершине 82° ;
- К (08) - параллелограммная с углом при вершине 55° ;
- F (07) - параллелограммная с углом при вершине 84° .

На рис.3.2 приведены формы многогранных неперетачиваемых пластин и их обозначение

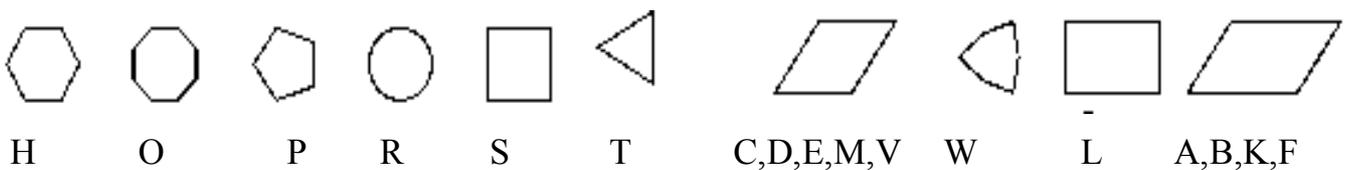


Рисунок 3.2 - Формы неперетачиваемых пластин

➤ *2 Буква, обозначающая величину заднего угла*

Таблица 3.1 – Значения задних углов МНП

Обозначение	А	В	С	D	Е	F	G	N	Р	О
Задний угол, град	3	5	7	15	20	25	30	0	11	другое

Режущие пластины могут изготавливаться с задним углом определенной величины или равным нулю. В случае нулевого заднего угла при установке на державку пла-

стину разворачивают на необходимый задний угол. Эти пластины более универсальны, но требуют более сложной настройки при сборке.

Обозначения и соответствующие значения задних углов приведены в табл.3.1.

➤ *3 Буква, обозначающая класс допуска на размеры пластины*

По ГОСТ 19042-80 установлено следующие классы точности пластин: А, F, С, H, E, G, J, K, L, M, N, U. Соответствующие допуски на размеры пластин приведены в ГОСТе. Пластины даны в порядке увеличения допуска. Допуск задается на длину режущей кромки и толщину пластины. Пластины класса А имеют допуск на длину режущей кромки и толщину $\pm 0,025$ мм, класса U – соответственно $\pm 0,25$ мм и $\pm 0,13$.

➤ *4 Буква, обозначающая конструктивные особенности или тип пластины*

Конструктивные особенности или тип пластины учитывают количество сторон, которыми может работать пластина, наличие или отсутствие стружколомающих канавок, наличие или отсутствие и форму отверстия для закрепления пластины на державке инструмента.

Пластины бывают односторонние (R, M, W, T, B, H) и двухсторонние (N, F, G, Q, U, C, J). Односторонние пластины могут работать только одной стороной. Двусторонние пластины могут работать одной и другой стороной. Это увеличивает срок их службы, но они имеют меньшую жесткость, прочность, менее устойчивую опорную поверхность.

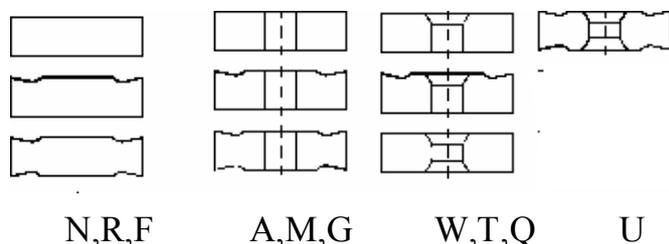


Рисунок 3.3 - Основные типы пластин

В зависимости от формы передней грани различают пластины с плоской гранью (N, A, M, W, Q, B, C); со стружколомающими канавками (R, M, F, G, T, U, H, J).

В зависимости от наличия отверстия различают пластины без отверстия (N, R, F), с отверстием - все остальные

Формы пластин приведены на рис.3.3. В табл. 3.2 приведены буквенные обозначения и характеристика конструкции пластин.

Таблица 3.2 - Конструктивные особенности неперетачиваемых пластин

Обозначение	Характеристика
N	Без стружколомающих канавок и без отверстия
R	С односторонней стружколомающей канавкой без отверстия

F	С двухсторонней стружколомающей канавкой без отверстия
A	Без стружколомающих канавок с отверстием
M	С односторонней стружколомающей канавкой с отверстием
G	С двухсторонней стружколомающей канавкой с отверстием
W	Без стружколомающих канавок с отверстием и односторонней фаской
T	С односторонней стружколомающей канавкой с отверстием и односторонней фаской
Q	Без стружколомающих канавок с отверстием и двухсторонней фаской
U	С двухсторонней стружколомающей канавкой с отверстием и двухсторонней фаской
X	Специальной конструкции

➤ 5 Число, обозначающее размер пластины

Для равносторонних равноугольных и равносторонних неравноугольных сменных многогранных режущих пластин в качестве числа, характеризующего размер пластины выбирается размер теоретической боковой длины в мм (рис.3.4), причем цифры после запятой не учитываются.



Рисунок 3.4 - Размеры пластин

Пример: Боковая длина 12.7— число 12.

Для круглых режущих сменных пластин в качестве числа, обозначающего размер пластины, указывается диаметр в мм.

ФАСД Для всех других сменных многогранных режущих пластин число, характеризующее размер, всегда устанавливается в соответствии с главной режущей кромкой или самой длинной кромкой. Цифры после запятой не учитываются. При получении однозначного числа на первом месте ставится 0 (ноль).

Для каждой формы пластин ГОСТ устанавливает определенные длины режущей кромки. Так, для пластин формы Т установлено четыре размера (в мм): 11,0; 16,5; 22,0; 27,5.

➤ 6 Число, обозначающее рабочую толщину пластины

Рабочая толщина пластины S — расстояние от опорной поверхности до вершины

режущей кромки (рис.3.5). Число определяется размером рабочей толщины в мм. Цифры после запятой не учитываются. Если число однозначное, на первом месте ставится 0 (ноль).



Рисунок 3.5 - Толщина пластин с различной формой вершины.

Толщины пластин должны соответствовать табл.3.3.

Таблица 3.3 - Толщина неперетачиваемых пластин

Обозначение	Толщина пластины, мм	Обозначение	Толщина пластины, мм
01	1.59	05	5.56
T1	1.98	06	6.35
02	2.38	07	7.94
03	3.18	08	8.00
T3	3.97	09	9.52
04	4.76	12	12.70

Пример: Толщина пластины 4.76 мм — число 04.

Для пластин толщиной 1,98 и 3.97 мм на первом месте ставится буква Т.

Пример: Толщина пластины 3.97 мм — обозначение Т3.

➤ 7 Число, обозначающее форму вершины и величину радиуса при вершине

Сменные многогранные режущие пластины без радиусов при вершинах обозначаются 00 (ноль-ноль).

Сменные многогранные режущие пластины с радиусом при вершинах обозначаются размером радиуса в десятых долях миллиметра. На первом месте ставится 0 (ноль), если число меньше 10. Пример: Радиус при вершине 0,8 мм — число 08.

Предусмотрены следующие значения радиуса при вершине: 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2,4 мм.

➤ 8 Буква, обозначающая форму исполнения режущей кромки

Пластины выпускают с различной формой режущей кромки. Предусмотрены следующие виды пластин и их обозначения (рис.3.6):

F – острая, E – округленная, T – с фаской, S – округленная с фаской, K – с двойной фаской, P – округленная с двойной фаской.

После буквы ставятся цифры, показывающие длину и угол фаски и значение радиуса в мм. Например, S0302004 – форма передней поверхности с фаской длиной 0,30 мм под углом 20° и радиусом 0,4 мм.

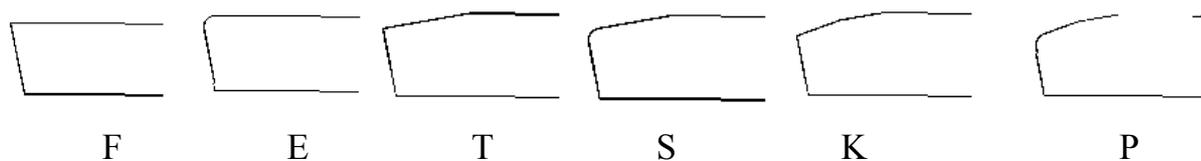


Рисунок 3.6 - Формы режущей кромки неперетачиваемых пластин

➤ 9 Буква, обозначающая направление резания

Различают три типа исполнения пластин для направления резания:

R — только правого;

L — только левого;

N — правого и левого.

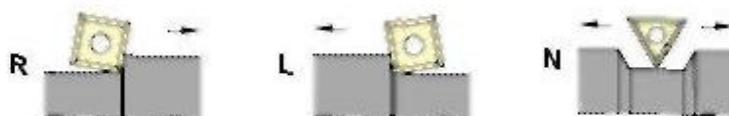


Рисунок 3.7 - Типы пластин в зависимости от направления резания

Например, треугольная пластина, с нулевым задним углом, класса точности M, с отверстием, с односторонними стружколомающими канавками, с размерами $l=16,5$, $S=4,76$, $R=0,8$, имеющая режущие кромки с фаской, правого исполнения будет обозначаться: TNMM160408TR.

3.3 Задания для самостоятельного выполнения

Расшифруйте приведенные обозначения неперетачиваемых многогранных пластин.

Вариант 1

		
CNGA160608T02020	DNGA150416T02020	TNGA220412T02020
		
VNMG16040UN	WNMG080412FP	ENMN130716T02Q20
		
CCGT09T308HP	DCGT11T308HP	TCGTU0208HP

		
VBGT160404HP	SPGN120416T0102Q	TPGN220416T01020

Вариант 2

		
CNMG090304FF	DNGP15040S	TNGG160402LF
		
VNMS160408	WNMG0S0416FN	ENGN130712T02020
		
CCMT060208FW	DCMT11T312LF	TCMT220408LF
		
VBMT11030SLF	SCUN120416T00520	TPUN160304S01015M

Вариант 3

		
CNMS16Q608	DNMG150612FN	TNGP220412
		
VSMG160412MP	WNMG06040SFF	DNGX150716T02020

		
CCMTQ9304LF	DCMT07020211	TCMT16T30SUF
		
VBMT16040411	SPGN1203QST02020	TPGN110304

Вариант 4

		
CNMM250624RW	DNMG1506Q3FF	TNMA16Q416
		
VNMA160408	WNMA080408	CNGX160724T02020
		
CCMT120408MW	DPGT070204LF	TPGT110204HP
		
WPMT06T308LF	SPUN120312T00520	TPUN160304

Вариант 5

		
CNMS160608	DNMG150412RN	TNMG110308FF
		
VNGP160402	WNMA0S0412	CNGX160716T02020
		
CCMT09T30SUF	DPMT11T302LF	TPMT090202LF
		
RCGN120700T20015	SPGN090312	TPGR22Q404K

Вариант 6

		
CNMA16Q616TQ202Q	DNMS19060S	TNMM160408RM
		
VNGG160408LF	VNGA080416T01020	CNMN120416T02020
		
CPEX060203R1	DPMT11T308UF	TPMT11Q2Q8MF

		
RPGNQ909Q0TQ1020	SPUN190412	TPMR160304

Вариант 7

		
SNMG120412MW	DNMG150618RN	TNMS160408
		
VNGA220412T02020	WNMA0S0412T02020	CNGN190716T02029
		
CPGT060204UF	RCGW2507M0T20015	TPMT16T308UF
		
RPGX120700T-2020	SPGR120308K	TPGN160308S0101SM

Практическое занятие № 4

4 ВИБОР МАРКИ ТВЕРДОГО СПЛАВА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ

4.1 Цель и задачи практического занятия

Цель работы – изучение основных марок твердых сплавов, предназначенных для механической обработки, и их свойств и приобретение навыков по выбору марки твердого сплава для конкретного вида обработки.

После выполнения практического занятия студент должен

знать: основные марки твердых сплавов, применяемых в металлообработке;

уметь: для заданного материала детали и вида обработки выбрать оптималь-

ную марку твердого сплава.

4.2 Краткая характеристика твердых сплавов

Твердые сплавы являются основным инструментальным материалом, обеспечивающим высокопроизводительную обработку материалов резанием. В настоящее время общее количество твердосплавного инструмента, применяемого в механообрабатывающем производстве, в Украине составляет около 30%, причем этим инструментом снимается до 65% стружки, так как скорость резания, применяемая при обработке в 2-5 раз выше, чем для инструмента, изготовленного из быстрорежущей стали.

Применяемые в отечественной механообработке твердые сплавы делят на группы:

–однокарбидные вольфрамокобальтовые группы ВК: ВК3, ВК3-М, ВК4, ВК6, ВК6-ОМ, ВК-8 и др.;

–двухкарбидные титано-вольфрамо-кобальтовые группы ТК: Т5К10, Т15К6, Т14К8, Т30К4 и др.;

–трехкарбидные титано-тантало-вольфрамо-кобальтовые группы ТТК: ТТ7К12, ТТ8К6, ТТ20К9 и др.;

–безвольфрамовые твердые сплавы (БВТС) на основе карбидов и карбонитридов титана и сложных карбидов титана и ниобия (наиболее распространенные марки ТМ-3, ТН20, КНТ16).

К группе танталсодержащих сплавов следует отнести и так называемые *сплавы МС*, выпуск которых освоен по лицензии, закупленной у фирмы “Sandvik Coromant” (Швеция) (табл.4.1). Обозначения этих сплавов (по ТУ 48-19-308-80) включают в себя буквы МС ("Москва-Сандвик") и трехзначный или четырехзначный индекс, отражающий область применения конкретной марки твердого сплава и наличие износостойкого покрытия.

Сплавы группы МС являются примером твердых сплавов общего назначения, дополнительно легированных по усовершенствованной технологии изготовления. Твердые сплав группы МС отличаются от известных аналогов более высокими эксплуатационными свойствами, особенно в случае использования инструмента при черновой обработке, но в пределах допустимых для данной группы сплавов.

Таблица 4.1 - Основные свойства сплавов группы “МС”

Марка сплава	Сплав-аналог (ГОСТ3882-74)	Свойства		
		$\sigma_{и}$, МПа	Плотность ρ , г/см ³	Твердость, HV ₃₀
МС111	Т15К6	1150	10,22-10,38	1525-1675
МС121	Т14К8	1200	11,60-11,79	1475-1625
МС131	Т5К10	1400	11,35-11,51	1430-1570
МС137	Т14К8,	1400	11,68-11,85	1485-1635

	ТТ20К9			
МС146	ТТ7К12	1800	13,04-14,60	1320-1460
МС211	ВК6-М	1500	14,70-14,86	1590-1680
МС221	ТТ10К8Б	1400	13,81-13,97	1530-1630
МС241	ВК8	2000	14,15-14,25	1175-1295
МС301	ВК3-М	1150	14,95-15,11	1760-1940
МС306	ВК6-ОМ	1250	14,74-14,94	1665-1835
МС312	ВК6-М	1300	12,79-12,95	1700-1940
МС318	ВК6, Т8К7	1500	12,80-12,96	1575-1725
МС321	ВК6	1350	14,64-14,86	1450-1600
МС313	ВК6-М	1300	14,74-14,94	1505-1655

Исследования режущих свойств сплавов МС показали их высокую надежность по сравнению со стандартными сплавами, что связано с повышенной стабильностью их физико-механических характеристик.

4.3 Последовательность выбора марки инструментального материала

1. Выбор марки твердого сплава и режимов резания производится в следующей последовательности:
2. Определение группы и подгруппы обрабатываемости, к которой относится обрабатываемый материал.
3. Определение условий обработки
4. Определение типа обработки, глубины резания и подачи
5. Выбор марки твердого сплава
6. Определение величины скорости резания.

4.3.1 Определение группы и подгруппы и подгруппы обрабатываемости материала

Современные марки инструментальных материалов, выпускаемые ведущими отечественными и международными фирмами, кроме коммерческого названия обязательно классифицируются по области применения. Для этого используют рекомендации международной организации стандартов ISO, которые предусматривают их использование для групп обрабатываемых материалов с учетом типа образованной стружки, типа обработки, условий обработки, а также видов обработки (точение, фрезерование и др). По ISO 513: 2004 все конструкционные материалы делятся на шесть основных групп по обрабатываемости. Эти материалы для удобства маркируются разными цветами.

В *группу Р* (обозначаются синими цветом) входят сплавы для обработки конструк-

ционных углеродных, легированных и инструментальных сталей и стального литья, при обработке которых получают **сплошную (сливную) стружку**.

В **группу М** (желтый цвет) входят сплавы для обработки ферритных, мартенситных, аустенитных нержавеющей, марганцовистых высоколегированных сталей, легированных чугунов, при обработке которых получают **как стружку надлома (элементную), так и сплошную (сливную)**.

В **группу К** (красный цвет) входят сплавы для обработки ковких и серых чугунов, при обработке которых получают **стружку надлома и элементную**.

Для заданной марки обрабатываемого материала необходимо определить группу обрабатываемости в соответствии с табл.4.2.

Таблица 4.2 - Группы обрабатываемости материалов

Группа Р	Группа М	Группа К
Конструкционные стали: –нелегированные; –легированные; –подшипниковые; –рессорно-пружинные. Инструментальные стали: –углеродистые; –для режущего и мерительного инструмента; –штамповые; –быстрорежущие. Стали для отливок: –углеродистые; –низколегированные. Коррозионно-теплостойкие стали (мартенситно/ферритного классов)	Коррозионно- и тепло-стойкие стали (аустенитного класса). Жаростойкие и жаропрочные сплавы: –мартенситного, –аустенитного/мартенситного и аустенитного классов; –на Ni-Cr основе. Никель-кобальтовые сплавы Титановые сплавы: –деформируемые; –литейные.	Чугуны: –ковкие; –серые; –антифрикционные; –с шаровидным графитом. Алюминиевые сплавы: –деформируемые; –литейные. Магниевого сплавы: –деформируемые; –литейные. Медь и медные сплавы: медь; –латуни; –бронзы. Антифрикционные сплавы: –цинковые сплавы; –алюминиевые сплавы; –порошковые спеченные алюминиевые сплавы

Каждая группа применения делится на подгруппы, причем с увеличением индекса подгруппы от 01 до 50, условия обработки становятся больше жесткими, начиная от чистового резания и заканчивая черновым с ударами. Такое рассмотрение удобно для подбора рекомендуемых марок твердых сплавов по свойствам. Чем больше индекс подгруппы применения, тем меньше должна быть износостойкость инструментального материала и допустимая скорость резания; но выше прочность (ударная вязкость и допустимая подача и глубина резания).

Деление материалов на подгруппы по обрабатываемости приведены в таблицах 4.3-4.5

Таблица 4.3 - Подгруппы обрабатываемости для материалов группы Р

Подгруппы	Обрабатываемый материал и тип снимаемой стружки	Вид обработки и условия применения
P01	Сталь, стальное литье, дающие сливную стружку.	Чистовое точение, растачивание, развертывание. Высокая точность обработки и высокое качество поверхности изделия. Отсутствие вибрации во время работы.
P10	Сталь, стальное литье, дающие сливную стружку.	Точение, точение по копиру, нарезание резьбы, фрезерование, рассверливание, растачивание.
P20	Сталь, стальное литье, ковкий чугун и цветные металлы, дающие сливную стружку.	Точение, точение по копиру, нарезание резьбы, фрезерование, чистовое строгание.
P25	Сталь нелегированная, низко- и среднелегированная.	Фрезерование, в том числе и фрезерование глубоких пазов, другие виды обработки, при которых предъявляются повышенные требования к сопротивлению сплава тепловым и механическим нагрузкам.
P30	Сталь, стальное литье, ковкий чугун, дающие сливную стружку.	Черновое точение, фрезерование, строгание. Для работ в неблагоприятных условиях*.
P40	Сталь, стальное литье с включениями песка и раковинами, дающие сливную стружку и стружку надлома.	Черновое точение, строгание. Для работ в особо неблагоприятных условиях*.
P50	Сталь, стальное литье со средней или низкой прочностью, с включениями песка и раковинами, дающие сливную стружку и стружку надлома.	Точение, строгание, долбление при особо высоких требованиях к прочности твердого сплава в связи с неблагоприятными условиями резания.

Замечания: * Неблагоприятными условиями работы следует считать работу с переменной глубиной резания, с прерывистой подачей, с ударами, вибрациями, с наличием

ем литейной корки и абразивных включений в обрабатываемом материале.

Таблица 4.4 - Подгруппы обрабатываемости для материалов группы М

Подгруппы	Обрабатываемый материал и тип снимаемой стружки	Вид обработки и условия применения
М10	Сталь, стальное литье, высоколегированные стали, в том числе аустенитные, жаропрочные труднообрабатываемые стали и сплавы, серый, ковкий и легированный чугуны, дающие как сливную, так и стружку надлома.	Точение и фрезерование.
М20	Стальное литье, аустенитные стали, марганцовистая сталь, жаропрочные труднообрабатываемые стали и сплавы, серый и ковкий чугуны, дающие как сливную, так и стружку надлома.	Точение и фрезерование.
М30	Стальное литье, аустенитные стали, жаропрочные труднообрабатываемые стали и сплавы, серый и ковкий чугуны, дающие как сливную, так и стружку надлома.	Точение, фрезерование, строгание. Условия резания - неблагоприятные*.
М40	Низкоуглеродистая сталь с низкой прочностью, автоматная сталь и другие металлы, дающие как сливную, так и стружку надлома.	Точение, фасонное точение, отрезка преимущественно на станках-автоматах.

Таблица 4.5 - Подгруппы обрабатываемости для материалов группы К

Подгруппы	Обрабатываемый материал и тип снимаемой стружки	Вид обработки и условия применения
К01	Серый чугун преимущественно высокой твердости, алюминиевые сплавы с большим содержанием кремния, закаленная сталь, абразивные пластмассы, керамика, стекло, дающие стружку надлома.	Чистовое точение, растачивание, фрезерование, шабрение.
К05	Легированные и отбеленные чугуны, закаленные стали, нержавеющей высокопрочные и жаропрочные стали и сплавы, дающие стружку надлома.	Чистовое и получистовое точение, растачивание, развертывание, нарезание резьбы.

К10	Серый и ковкий чугуны преимущественно повышенной твердости, закаленная сталь,алюминиевые и медные сплавы, пластмассы, стекло, керамика, дающие стружку надлома.	Точение, растачивание, фрезерование, сверление, шабрение.
К20	Серый чугун, цветные металлы, сильно абразивная пресованная древесина, пластмассы, дающие стружку надлома.	Точение, фрезерование, строгание, сверление, растачивание.
К30	Серый чугун низкой твердости и прочности, сталь низкой прочности, древесина, цветные металлы, пластмасса, плотная древесина, дающая стружку надлома.	Точение, фрезерование, строгание, сверление. Работа в неблагоприятных условиях*. Допустимы большие передние углы заточки инструмента.
К40	Цветные металлы, древесина, пластмассы, дающие стружку надлома.	Точение, фрезерование, строгание. Допустимы большие передние углы заточки инструмента.

Таким образом, малые индексы соответствуют чистовым операциям, когда от твердых сплавов требуется высокая износостойкость и теплостойкость, а большие индексы соответствуют черновым операциям, т.е. когда твердый сплав должен обладать высокой прочностью. В связи с этим каждая марка имеет свою предпочтительную область применения, в которой она обеспечивает максимальные работоспособность сплава и производительность обработки.

Границы подгруппы применения определяются ориентировочно и неоднозначно. Поэтому ряд марок твердых сплавов могут хорошо работать в двух-трех подгруппах применения (например, сплав Т15К6 – Р10, Р15, Р20) или даже в различных группах применения (например, сплав ВК8 – К30, К40, М30).

4.3.2 Определение условий обработки

Скорость резания, непрерывность обработки, жесткость системы СПИД, способ получения заготовки (состояние обрабатываемой поверхности) позволяет определить условие обработки и сформулировать требования к основным свойствам твердого сплава. Условия обработки могут быть *хорошие, нормальные и тяжелые*.

Хорошим (условное обозначение ○) условиям резания соответствуют:

– высокие скорости резания,

- предварительно обработанные заготовки,
- непрерывное резание,
- высокая жесткость технологической системы СПИД

Требования к твердому сплаву – высокая износостойкость.

Нормальные (условное обозначение ●) условиям резания соответствуют:

- умеренные скорости резания,
- контурное точение. поковки и отливки
- достаточно жесткая система СПИД.

Требования к твердому сплаву – хорошая прочность в сочетании с достаточно высокой износостойкостью.

Тяжелым (условное обозначение ●) условия резания соответствуют:

- невысокие скорости,
- прерывистое резание,
- толстая корка на литье или поковках,
- нежесткая система СПИД.

Требования к твердому сплаву – высокая прочность.

4.3.3 Определение типа обработки

Кроме подгрупп применения необходимо знать тип обработки (чистовая, получистовая, легкая и черновая), который позволяет ориентироваться в величинах глубины резания (t , мм) и подачи (S_0 , мм/об). Тип обработки приведен в табл.4.6.

Таблица 4.6 - Тип обработки

Код обработки	Характеристика процесса обработки при точении, сверлении и расточке	Характеристика процесса обработки при фрезеровании
Ф (чистовая)	Подача при точении наружных поверхностей $S < 0,25$ мм/об, при расточке $S < 0,20$ мм/об; глубина резания $t < 1,5$ мм ($t < 0,5$ мм при HRC > 30); высокая скорость резания.	Подача $S < 0,15$ мм/зуб; глубина резания $t < 2$ мм ($t < 1$ мм при HRC < 30); высокая скорость резания.
М (получистовая)	Подача при точении наружных поверхностей $S < 0,6$ мм/об, при расточке $S < 0,4$ мм/об; глубина резания $t < 4$ мм ($t < 1$ мм и $S < 0,2$ мм/об при HRC > 30); при сверлении отверстий для обеспечения	Подача $S < 0,2$ мм/зуб; глубина резания $t < 4$ мм ($t < 1,5$ мм и $S < 0,1$ мм/зуб при HRC > 30); высокие и средние скорости резания.

	точности 9,10 квалитетов $S < 0,20$ мм/об; высокие и средние скорости резания.	
R (черновая)	Подача при точении наружных поверхностей $S < 1,2$ мм/об, при расточке $S < 0,8$ мм/об; глубина резания $t > 4$ мм; умеренные и низкие скорости резания. При сверлении отверстий $S < 0,4$ мм/об; умеренная скорость резания.	Подача при обработке обдирочными торцевыми и концевыми цилиндрическими фрезами $S > 0,2$ мм/зуб; глубина резания $t > 4$ мм; умеренные и низкие скорости резания.

Область применения твердых сплавов можно представить сводной таблицей 4.7.

Таблица 4.7 - Определение группы обрабатываемости

Условия обработки	ISO	Тип обработки			
		Чистовая	Получистовая	Легкая черновая	Черновая
Хорошие	P	P01-P10	P10-P25	P25-P30	P30-P35
	M	M10-M15	M15-M20	M20-M25	M25-M30
	K	K01-K05	K05-K10	K10-K15	K15-K20
Нормальные	P	P10-P25	P25-P30	P30-P40	P40-P50
	M	M15-M20	M20-M25	M25-M30	M30-M35
	K	K05-K10	K10-K15	K15-K20	K20-K25
Тяжелые	P	P30-P35	P35-P40	P40-P45	P45-P50
	M	M20-M25	M25-M30	M30-M35	M35-M40
	K	K10-K15	K15-K20	K20-K25	K25-K30

Из табл.4.8 видно, что область использования марок твердого сплава будет зависеть от обрабатываемого материала, условий и типа обработки.

Таблица 4.8 - Области применения твердых сплавов

Марка сплава ГОСТ 3882-74 (ТУ 48-19-307-87)	Область применения	
	Основная группа	Подгруппа
T30K4 T15K6, MC111 T14K8, MC121 TT20K9, TT21K9, MC137 T5K10, TT10K8-Б, MC131 T5K12, TT7K12, MC146 TT7K12	P	P01 P10 P20 P25 P30 P40 P50

BK60M, MC313 BK6M, TT8K6, MC211 TT10K8-Б, MC221, MC321 BK10-М, BK10-ОМ, BK8 BK10-ОМ, TT7K12, BK15-ОМ BK15-ХОМ, MC241, MC146	М	M05 M10 M20 M30 M40 M50
BK3, BK3-М, MC301 BK6-ОМ, BK6-М, MC306 TT8K6, BK6-М MC312, MC313 BK4, BK6, T8K7, MC318, MC321 BK4, BK8 BK8, BK15, MC347	К	K01 K05 K10 K20 K30 K40 K50

Примечание. Износостойкость сплавов возрастает снизу вверх, прочность – наоборот.

4.3.4 Выбор марки твердого сплава для различных видов обработки

➤ Выбор марки твердого сплава для токарной обработки

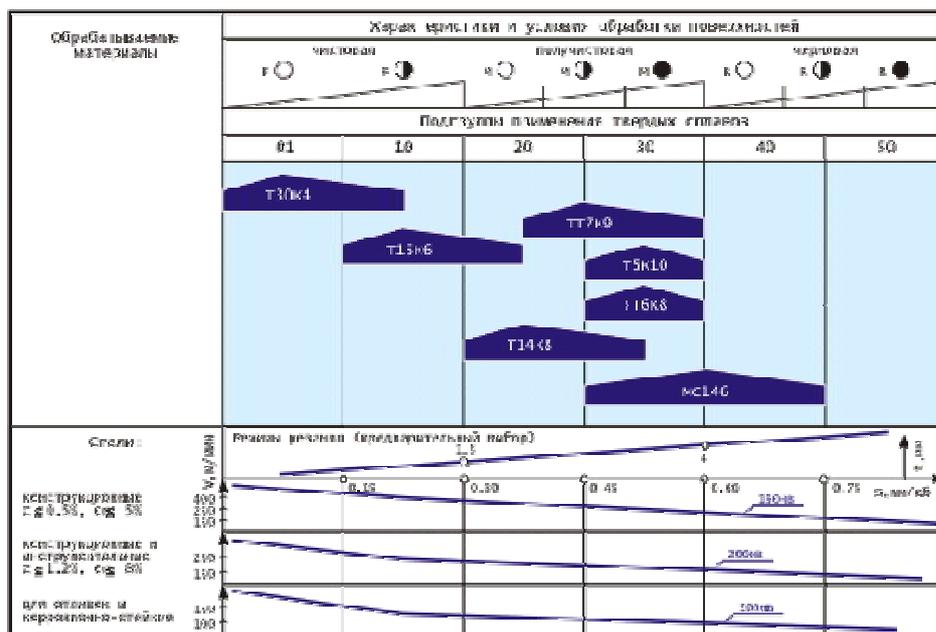


Рисунок 4.1 - Выбор марки твердого сплава для токарной обработки сплавов группы P

Выбор конкретной марки твердого сплава производят в соответствии с данными, приведенными на рис.4.1-4.3. После выбора марки инструментального материала для данного типа обработки выбирают ориентировочную скорость резания.

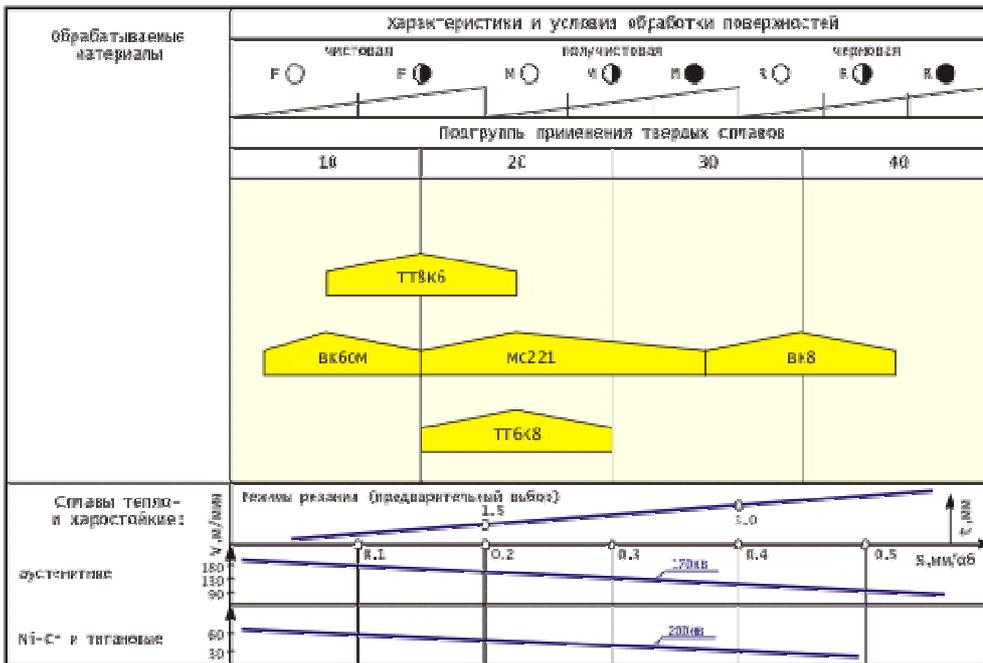


Рисунок 4.2 - Выбор марки твердого сплава для токарной обработки сплавов группы М

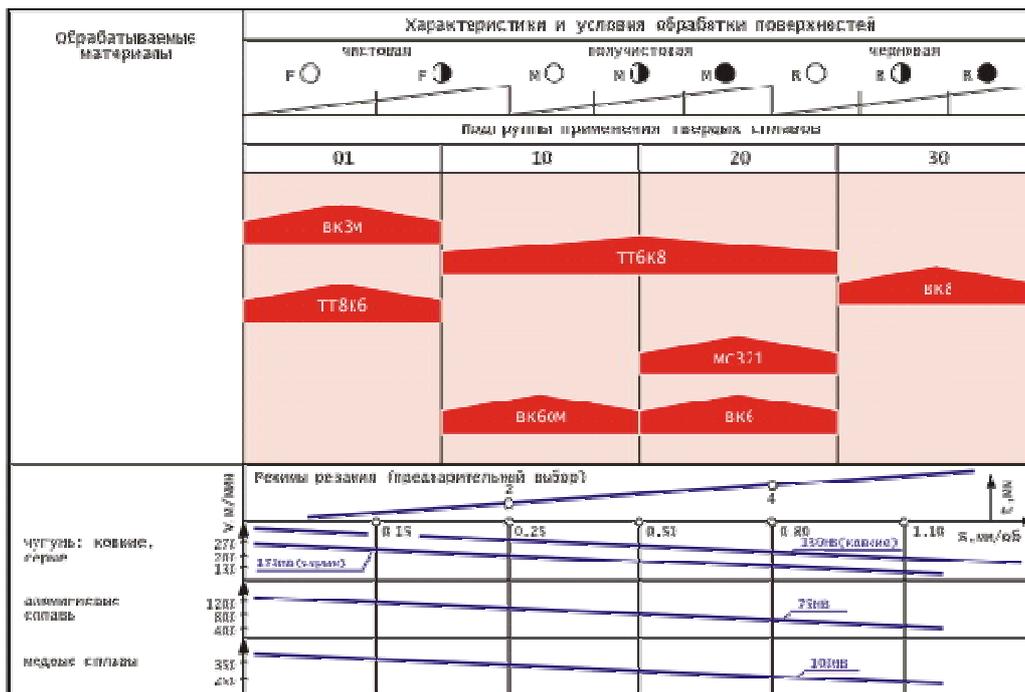


Рисунок 4.3 - Выбор марки твердого сплава для токарной обработки сплавов группы К

➤ *Выбор марки твердого сплава для фрезерной обработки*

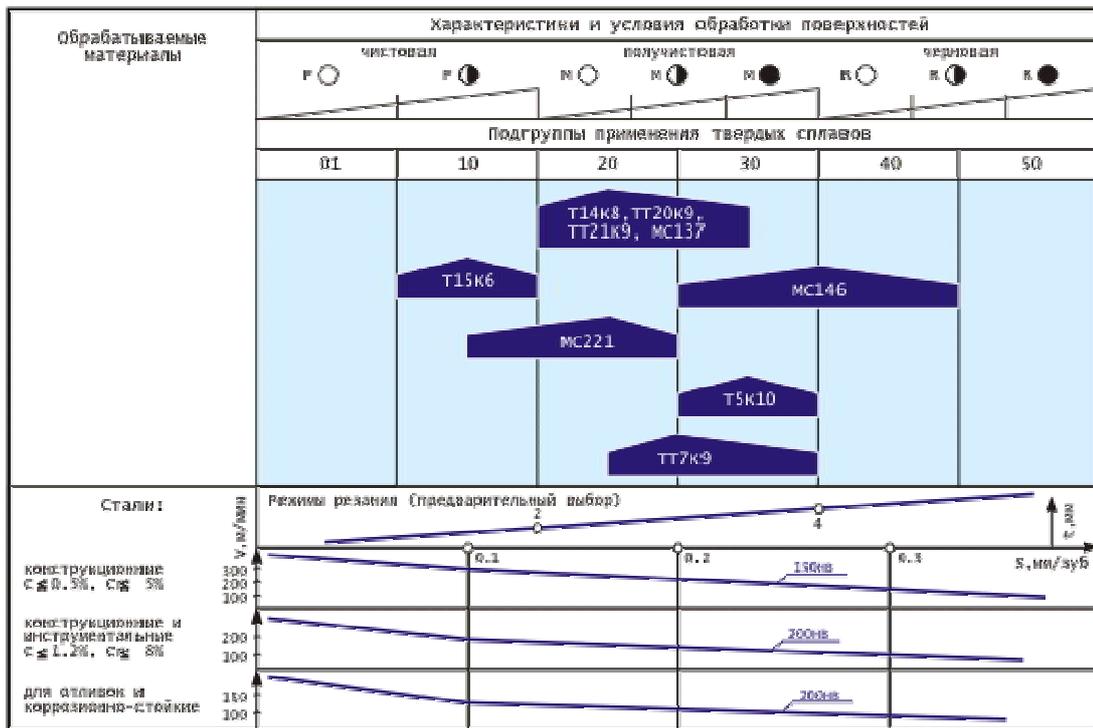


Рисунок 4.4 - Выбор марки твердого сплава для фрезерной обработки сплавов группы Р

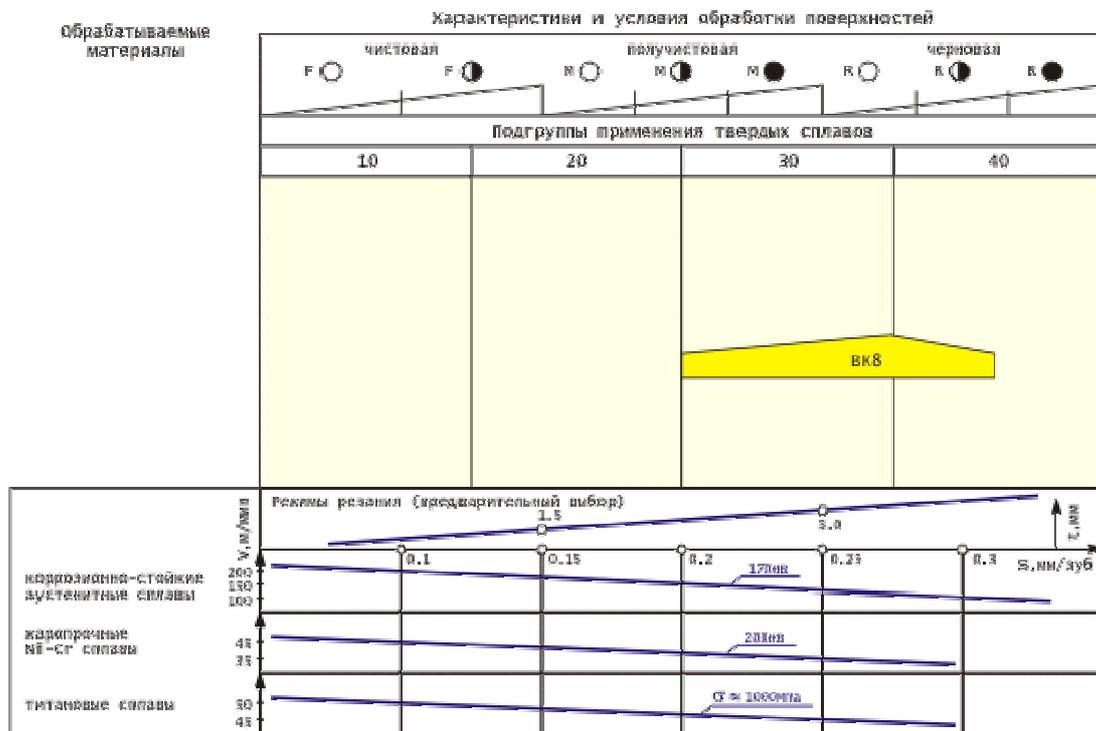


Рисунок 4.5 - Выбор марки твердого сплава для фрезерной обработки сплавов группы М

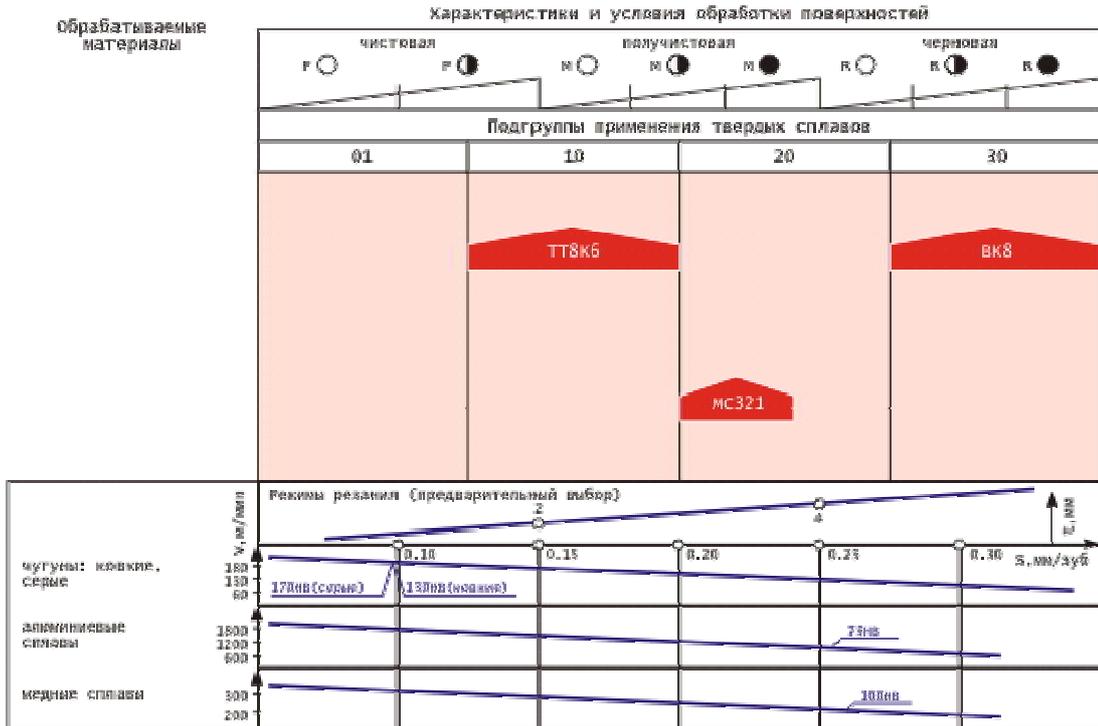


Рисунок 4.6 - Выбор марки твердого сплава для фрезерной обработки сплавов группы К

➤ Выбор марки твердого сплава для резбонарезания

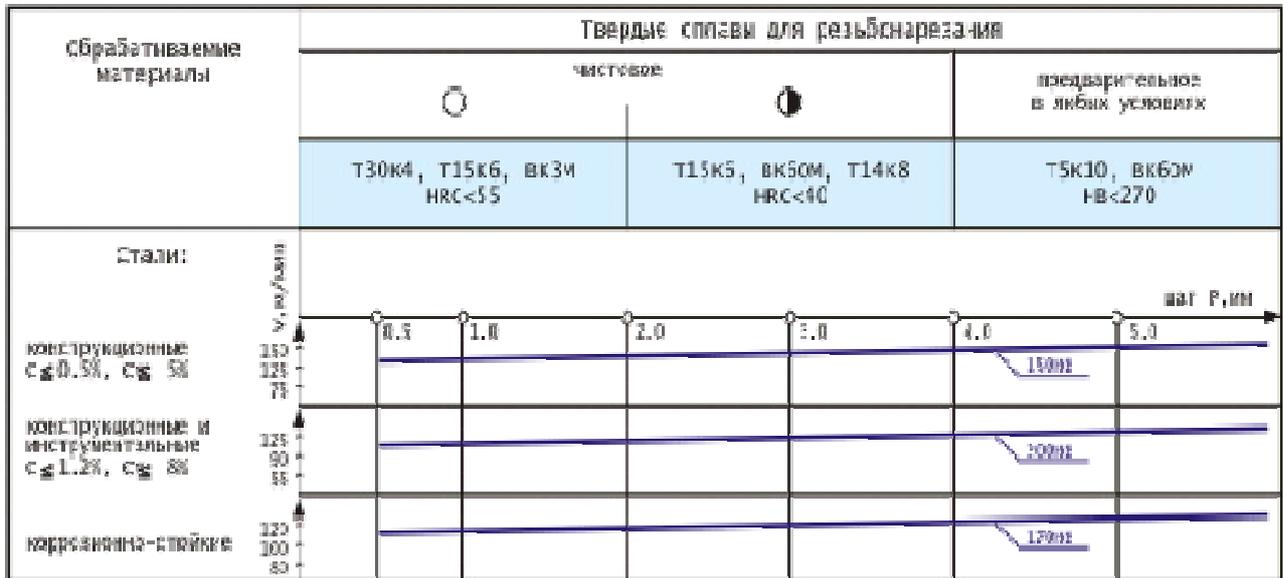


Рисунок 4.7 - Выбор марки твердого сплава для резбонарезания сплавов группы Р



Рисунок 4.8 - Выбор марки твердого сплава для резьбонарезания сплавов группы М

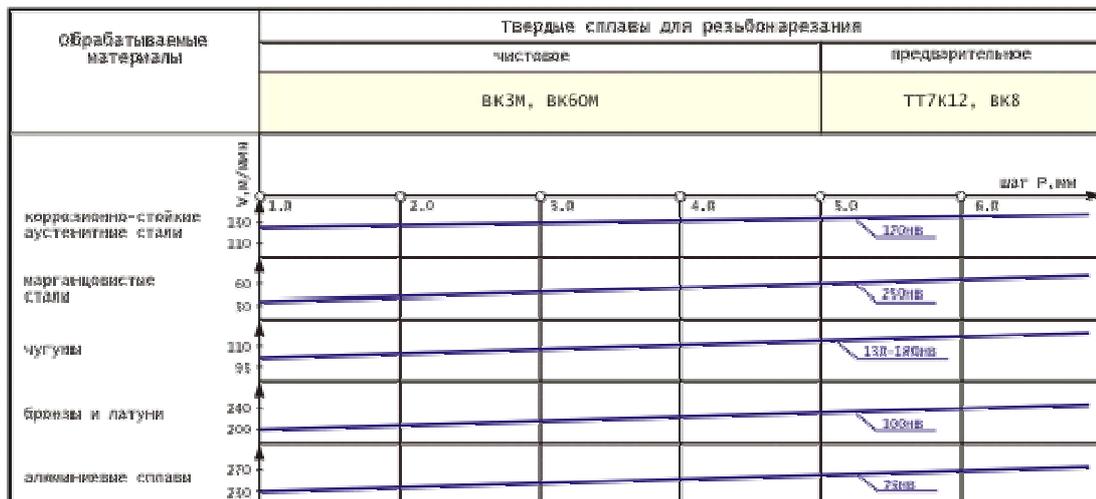


Рисунок 4.9 - Выбор марки твердого сплава для резьбонарезания сплавов группы К

4.4 Задание для самостоятельного выполнения

Таблица 4.9 - Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	Вид обработки	Обрабатываемый материал		Чистота обработки
		марка	состояние поверхности	
1	продольное точение	12X18H9T	прокат с коркой	Rz 40
	торцовое фрезерование	СЧ15	поковка с коркой	Ra 2,5
	резьбонарезание	ШХ 15		
2	продольное точение	СЧ15	отливка без корки	Ra 1,6

	торцовое фрезерование	Г13	отливка с коркой	Rz 40
	резьбонарезание	30ХГСА		
3	продольное точение	Г13	отливка с коркой	Rz 20
	торцовое фрезерование	ХВГ	поковка с коркой	Rz 80
	резьбонарезание	Бр АЖ 9-4		
4	продольное точение	Бр АЖ 9-4	отливка без корки	Rz 10
	торцовое фрезерование	ШХ 15	поковка с коркой	Ra 3,2
	резьбонарезание	сталь 50		
5	продольное точение	У8А	прокат без корки	Ra 2,5
	торцовое фрезерование	14Х17Н2	поковка с коркой	Rz 80
	резьбонарезание	ВЧ50 -7		
6	продольное точение	ХН60	прокат без корки	Rz 10
	торцовое фрезерование	СЧ24	отливка с коркой	Rz 20
	резьбонарезание	38ХМЮА		
7	продольное точение	СЧ 24	отливка без корки	Rz 20
	торцовое фрезерование	ЛМЦОС-38-2	отливка с коркой	Rz 80
	резьбонарезание	ХН77ТЮ		
8	продольное точение	ШХ15	поковка с коркой	Ra 1,25
	торцовое фрезерование	ХН77ТЮ	поковка с коркой	Ra 2,5
	резьбонарезание	сталь 45		
9	продольное точение	ЛМЦОС-38-2	отливка без корки	Ra 2,5
	торцовое фрезерование	12Х18Н9Т	поковка с коркой	Rz 40
	резьбонарезание	СЧ28		
10	продольное точение	ХВГ	прокат с коркой	Rz 20
	торцовое фрезерование	ЛМЦОС-38-2	отливка без корки	Ra 2,5
	резьбонарезание	ШХ 15		
11	продольное точение	ВТ3-1	поковка без корки	Rz 40
	торцовое фрезерование	ВЧ50 -7	поковка без корки	Rz 40
	резьбонарезание	У8А		
12	продольное точение	Сталь 45	прокат с коркой	Rz 80

	торцовое фрезерование	У8А	поковка без корки	Ra 2,5
	резьбонарезание	СЧ28		
13	продольное точение	ЛМЦОС-38-2	отливка без корки	Rz 10
	торцовое фрезерование	ХН60	поковка без корки	Rz 10
	резьбонарезание	Сталь 50		
14	продольное точение	У8А	прокат без корки	Ra 2,5
	торцовое фрезерование	Бр АЖ 9-4	отливка без корки	Rz 10
	резьбонарезание	Сталь 40ХН		
15	продольное точение	12Х18Н9Т	поковка с коркой	Rz 40
	торцовое фрезерование	ШХ15	поковка с коркой	Ra 1,25
	резьбонарезание	КЧ 50-4		
16	продольное точение	30ХГСА	прокат без корки	Rz 10
	торцовое фрезерование	Бр АЖ9-4	поковка с коркой	Ra 2,5
	резьбонарезание	Сталь 40ХН		
17	продольное точение	30Х13	прокат с коркой	Rz 40
	торцовое фрезерование	Г13	отливка с коркой	Rz 40
	резьбонарезание	КЧ 50-4		
18	продольное точение	У8А	поковка без корки	Ra 2,5
	торцовое фрезерование	ХВГ	поковка с коркой	Rz 80
	резьбонарезание	сталь 45		
19	продольное точение	Бр АЖ9-4	отливка без корки	Ra 1,6
	торцовое фрезерование	Сталь 45	поковка с коркой	Ra 3,2
	резьбонарезание	ВЧ50 -7		
20	продольное точение	Бр АЖН-11-6-6	отливка с коркой	Rz 20
	торцовое фрезерование	Сталь 50	поковка без корки	Ra 3,2
	резьбонарезание	СЧ28		
21	продольное точение	Сталь 50	поковка с коркой	Rz 80
	торцовое фрезерование	СЧ 25	отливка с коркой	Rz 40
	резьбонарезание	Бр АЖ9-4		

22	продольное точение	СЧ15	отливка с коркой	Rz 20
	торцовое фрезерование	Бр АЖ9-4	отливка с коркой	Ra 2,5
	резьбонарезание	30X13		
24	продольное точение	Бр АЖ9-4	отливка с коркой	Rz 80
	торцовое фрезерование	КЧ 50-4	отливка с коркой	Rz 80
	резьбонарезание	ШХ 15		
25	продольное точение	Сталь 45	поковка с коркой	Ra 2,5
	торцовое фрезерование	У8А	поковка без корки	Ra 2,5
	резьбонарезание	СЧ15		
26	продольное точение	Бр АЖН-11– 6–6	отливка с коркой	Rz 40
	торцовое фрезерование	12X18Н9Т	поковка с коркой	Rz 40
	резьбонарезание	ВЧ50 -7		
27	продольное точение	38ХМЮА	поковка с коркой	Rz 40
	торцовое фрезерование	У7	поковка с коркой	Rz 40
	резьбонарезание	ВТ3-1		
28	продольное точение	30ХГСА	поковка с коркой	Ra 2,5
	торцовое фрезерование	ВТ3-1	поковка с коркой	Rz 40
	резьбонарезание	У7		
29	продольное точение	Сталь 20	поковка с коркой	Rz 80
	торцовое фрезерование	СЧ28	отливка с коркой	Rz 40
	резьбонарезание	12X18Н9Т		
30	продольное точение	СЧ28	отливка с коркой	Rz 40
	торцовое фрезерование	Бр АЖ9-4	отливка с коркой	Rz 80
	резьбонарезание	ХН78Т		

Практическое занятие № 5

5 ВЫБОР МНОГОГРАННОЙ ПЛАСТИНЫ ДЛЯ КОНКРЕТНЫХ УСЛОВИЙ РАБОТЫ

5.1 Цель и задачи практического занятия

Цель работы – изучение области применения различных типов многогранных непе-

ретачиваемых платин.

После выполнения практического занятия студент должен

знать: условные обозначения, наносимые на многогранные неперетачиваемые пластины, область применения различных типов пластин, условия их работы;

уметь: для конкретных условий обработки выбрать материал пластины, ее форму, назначить режимы обработки.

5.2 Условные обозначения пластин

Для удобства потребителя на многогранные неперетачиваемые пластины наносят условные обозначения, которые обозначают материал пластины, ее геометрию, предпочтительную область применения. Пример обозначения пластины, предназначенной для точения, приведен на рис.1.

Стружколом или геометрия Wiper
или обработка режущей кромки

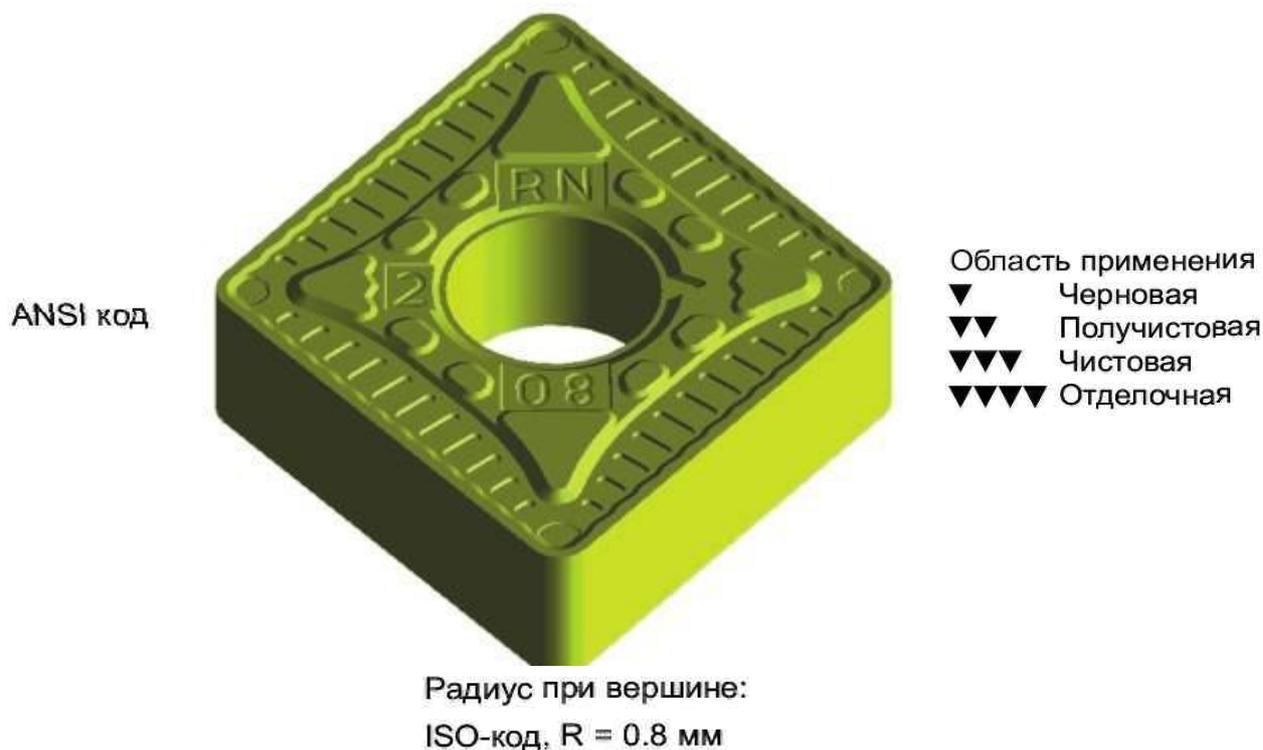


Рисунок 5.1 - Условное обозначение многогранной пластины

На режущую пластинку наносится обозначение, в котором содержится четыре разряда букв и цифр (первая буква – марка завода-изготовителя).

Первая буква характеризует материал, из которого изготовлена пластинка, вторая цифра – тип износостойкого покрытия, третья цифра показывает группу обрабатываемых материалов, для которых рекомендована пластинка, последняя группа цифр характеризует механические свойства пластинки.

Пример обозначения инструментального материала

К	С	8	0	50	
	С				Твердый сплав с покрытием
	Т				Кермет (с покрытием или без)
	В				PCBN (кубический нитрид бора)
	D				PCD (поликристаллический алмаз)
	У				KYON (керамика)
		9			CVD твердый сплав с химическим покрытием
		8			MT-CVD твердый сплав со средне температурным химическим покрытием
		5			PVD твердый сплав с физическим покрытием
		1			Без покрытия
			1		Сталь (синий)
			2		Нержавеющая сталь (желтый)
			3		Чугун (красный)
			4		Цветные металлы (зеленый)
			5		Жаропрочные сплавы (оранжевый)
			6		Твердые материалы (серый)
			0		Универсальный (для нескольких групп)
				01	Высокая износостойкость
				50	Высокая вязкость

Для облегчения пластинки маркируют цветом в зависимости от обрабатываемого материала, для которого они рекомендуются.

5.3 Последовательность выбора пластинки

Исходными данными является обрабатываемый материал, состояние заготовки, необходимая чистота обработанной поверхности.

- 1 Определение группы обрабатываемости материала.
- 2 Определение вида обработки, назначение подачи и глубины резания.
- 3 Выбор типа стружколома.
- 4 Выбор марки инструментального материала.
- 5 Назначение скорости резания.

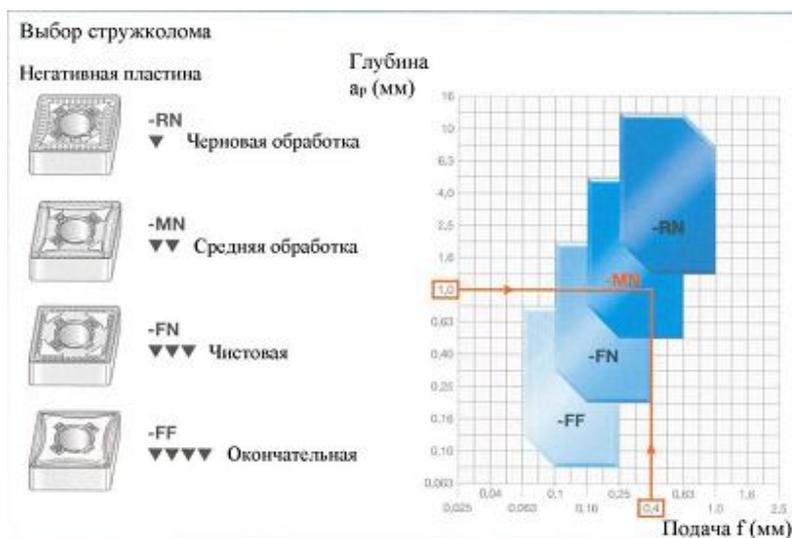
Пример последовательности выбора пластинки для обработки стали конструкционной, шероховатость обработанной поверхности Ra 2,5, заготовка без корки, непрерывное резание.

Сталь
Нержавеющая сталь
Чугун
Цветные металлы
Жаропрочные сплавы
Твердые материалы

Сталь относится к группе обрабатываемости Р (синий цвет).

Обработка получистовая (Ra 2,5), условия обработки – нормальные (заготовка без корки, непрерывное резание). По табл.1 принимаем S=0,4 мм/об, t=1 мм.

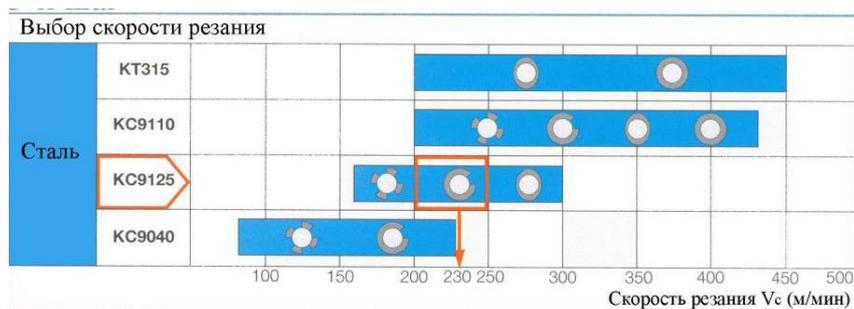
В соответствии с разделом 5.1 выбираем тип стружколома MN.



Для заданных условий обработки и типа стружколома в соответствии с рекомендациями раздела 7 выбирает марку инструментального материала KC9125.

Выбор режущего материала		Стружолом	-FF	-FN	-MN	-RN
Условия резания			▼▼▼▼	▼▼▼	▼▼	▼
Черновая обдирка			KC9110	KC9125	KC9040	KC9040
Легкая обдирка			KC9110	KC9125	KC9125	KC9040
Переменная глубина резания, литая или кованая корка			KT315	KC9110	KC9125	KC9125
Гладкое резание, предварительно обработанная поверхность			KT315	KT315	KC9110	KC9110

В соответствии с рекомендациями раздела 8 назначаем скорость резания $V=200$ м/мин.



5.4 Группы обрабатываемости материалов

Современные марки инструментальных материалов, выпускаемые ведущими отечественными и международными фирмами, кроме коммерческого названия обязательно классифицируются по области применения. Для этого используют рекомендации международной организации стандартов ISO, которые предусматривают их использование для групп обрабатываемых материалов с учетом типа образованной стружки, типа обработки, условий обработки, а также видов обработки (точение, фрезерование и др). По ISO 513: 2004 все конструкционные материалы делятся на шесть ос-

новых групп по обрабатываемости. Эти материалы для удобства маркируются разными цветами.

В группу Р (обозначаются синими цветом) входят сплавы для обработки конструкционных углеродных, легированных и инструментальных сталей и стального литья, при обработке которых получают сплошную (сливную) стружку.

В группу М (желтый цвет) входят сплавы для обработки ферритных, мартенситных, аустенитных нержавеющей, марганцовистых высоколегированных сталей, легированных чугунов, при обработке которых получают как стружку надлома (элементную), так и сплошную (сливную).

В группу К (красный цвет) входят сплавы для обработки ковких и серых чугунов, при обработке которых получают стружку надлома и элементную.

В группу N (зеленый цвет) входят материалы для обработки цветных металлов и сплавов, неметаллов, пластмасс.

В группу S (оранжевый цвет) входят материалы для обработки жаропрочных сплавов на основе железа, никеля, кобальта и титана.

В группу H (серый цвет) входят материалы для обработки твердых (закаленных) материалов и сплавов.

Каждая группа применения делится на подгруппы, причем с увеличением индекса подгруппы от 01 до 50, условия обработки становятся больше жесткими, начиная от чистового резания и заканчивая черновым с ударами. Чем больше индекс подгруппы применения, тем меньше должна быть износостойкость инструментального материала и допустимая скорость резания; но выше прочность (ударная вязкость).

5.5 Определение вида обработки и назначение глубины и подачи

Скорость резания, непрерывность обработки, жесткость системы СПИД, способ получения заготовки (состояние обрабатываемой поверхности) определяют условия обработки и позволяют сформулировать требования к основным свойствам материала. Условия обработки могут быть *хорошие, нормальные и тяжелые*.

Хорошие условия работы характеризуются следующими факторами: Высокие скорости. Беспрерывное резание. Предварительно обработанные заготовки. Высокая жесткость технологической системы СПИД. Требования к инструментальному материалу - высокая износостойчивость.

Нормальные – Умеренные скорости резания. Контурное точение. Поковки и отливки. Довольно жесткая система СПИД. Требования к инструментальному материалу – хорошая прочность в сочетании с довольно высокой износостойчивостью.

Тяжелые - Невысокие скорости. Прерывистое резание. Толстая корка на отливках или поковках. Нежесткая система СПИД. Требования к материалу – высокая прочность.

Кроме подгрупп применения определяется тип обработки (*черновая, средняя, чистовая, окончательная*), что позволяет ориентироваться в величинах глубины резания и подачи.

Таблица 5.1 - Тип обработки в зависимости от размеров срезаемого слоя

Параметры режима резания	Тип обработки			
	Окончательная	Чистовая	Средняя	Черновая
Глубина t , мм	0,25-2,0	0,5-3,0	1,0-6,0	5,0-10,0
Подача S , мм/об	0,05-0,15	0,1-0,3	0,2-0,5	0,4-1,8

При определении группы и подгруппы обрабатываемости материала необходимо учитывать тип обработки.

Следует отметить, что границы подгруппы применения особенно современных сплавов определяются ориентировочно и неоднозначно. Поэтому один инструментальный материал может хорошо работать в двух-трех подгруппах применения или даже в разных группах применения.

Для примера в таблице 5.2 приведены рекомендуемые подгруппы инструментальных материалов в зависимости от условий обработки.

Таблица 5.2 - Группы обрабатываемости материалов и условия обработки

Условия обработки	ISO	Тип обработки			
		Отделочная	Чистовая	Средняя	Черновая
Хорошие	P	P01-P10	P10-P25	P25-P30	P30-P35
	M	M10-M15	M15-M20	M20-M25	M25-M30
	K	K01-K05	K05-K10	K10-K15	K15-K20
Нормальные	P	P10-P25	P25-P30	P30-P40	P40-P50
	M	M15-M20	M20-M25	M25-M30	M30-M35
	K	K05-K10	K10-K15	K15-K20	K20-K25
Тяжелые	P	P30-P35	P35-P40	P40-P45	P45-P50
	M	M20-M25	M25-M30	M30-M35	M35-M40
	K	K10-K15	K15-K20	K20-K25	K25-K30

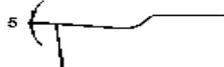
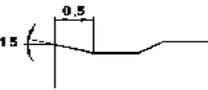
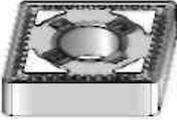
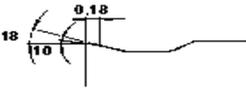
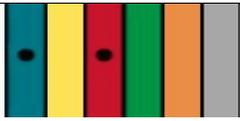
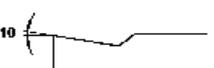
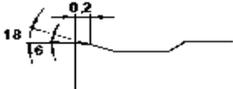
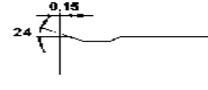
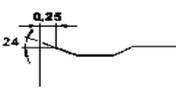
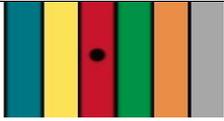
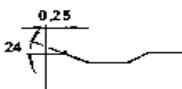
Чем больше индекс подгруппы применения, тем меньше должна быть допустимая скорость, но выше допустимая подача и глубина резания (рис.5.2).

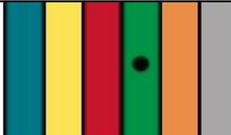
5.6 Типы стружколомов

В зависимости от обрабатываемого материала, вида обработки и направления подачи передняя поверхность пластинки имеет различную форму для обеспечения надежного дробления стружки. Типы стружколомов и области их применения приведены в

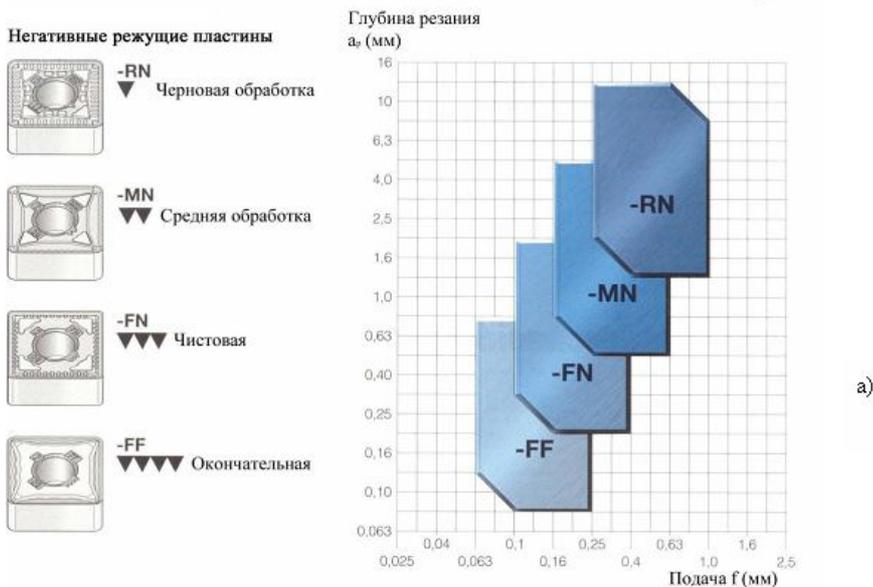
табл.5.3.

Таблица 5.3 – Типы стружколомов и область их применения

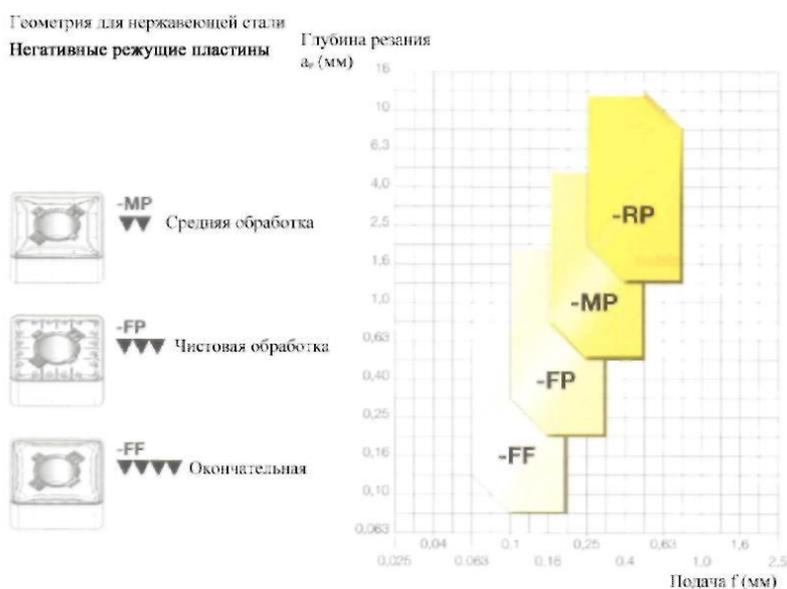
		-LF 	Для чистовой обработки, широко применяется для мягкого резания.
		-FF 	Для окончательной обработки
		-FP 	Для чистовой обработки с позитивной конструкцией режущей кромки.
		-FN 	Для чистовой обработки с отрицательной режущей кромкой.
		..GP 	Для средней обработки с острой режущей кромкой
		-MP 	Для средней обработки с позитивной конструкцией режущей кромки
		-MN 	Для средней обработки с отрицательной конструкцией режущей кромки
		-UN 	Для средней обработки с отрицательной конструкцией режущей кромки
		-RN 	Для черновой обработки с отрицательной конструкцией режущей кромки

		<p>..MS</p> 	<p>Для черновой обработки с позитивной конструкцией режущей кромки</p>
---	---	--	--

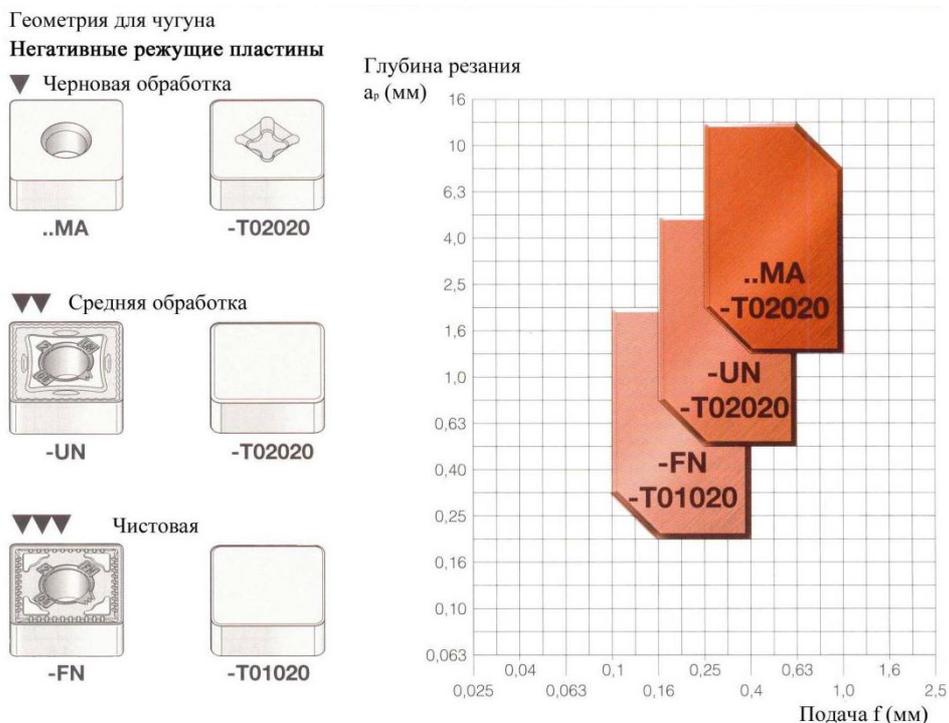
5.6.1 Рекомендации по выбору типа стружколома для обработки материалов группы P



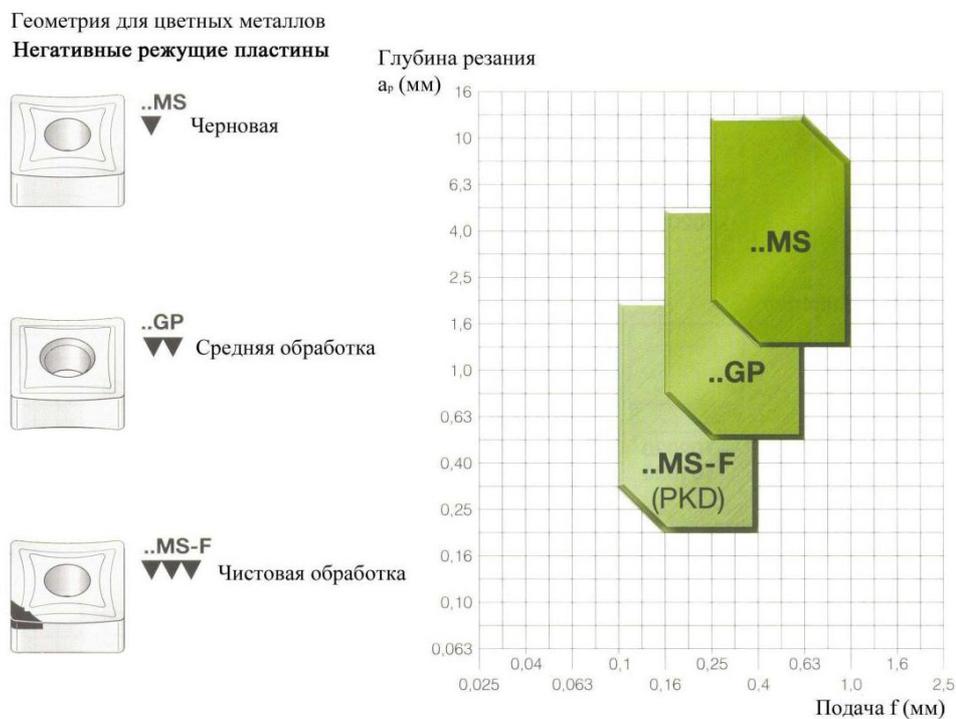
5.6.2 Рекомендации по выбору типа стружколома для обработки материалов группы M



5.6.2 Рекомендации по выбору типа стружколома для обработки материалов группы К



5.6.3 Рекомендации по выбору типа стружколома для обработки материалов группы N



5.6.4 Рекомендации по выбору типа стружколома для обработки материалов группы S

Геометрия для жаропрочных сплавов
Негативные режущие пластины

▼ Черновая обработка



-MP

▼▼ Средняя обработка g



..GP



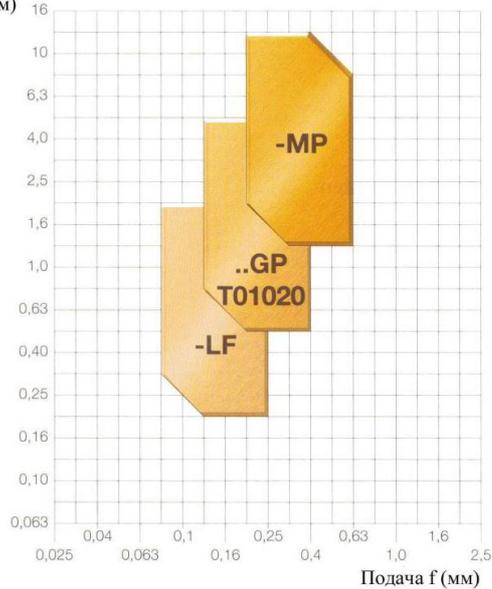
-T01020

▼▼▼ Чистовая обработка



-LF

Глубина резания
 a_p (мм)



5.6.5 Рекомендации по выбору типа стружколома для обработки материалов группы H

Геометрия для твердых материалов
Негативные режущие пластины

▼ Черновая обработка



-T20015

▼▼ Средняя обработка



-T02020

▼▼▼ Чистовая обработка



-S01025MT



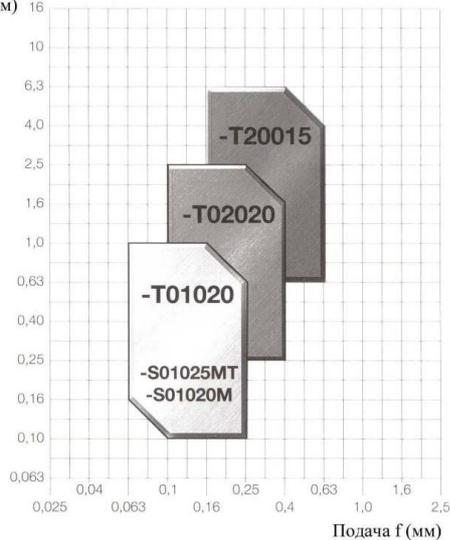
-S01020M

▼▼▼▼ Окончательная



-T01020

Глубина резания
 a_p (мм)



5.7 Выбор инструментального материала в зависимости от обрабатываемого, типа обработки и вида стружколома

Обработка сталей группы Р (синий цвет)

Условия резания	Стружколом	Стружколом			
		-FF ▼▼▼▼	-FN ▼▼▼	-MN ▼▼	-RN ▼
Черновая обдирка		KC9110	KC9125	KC9040	KC9040
Легкая обдирка		KC9110	KC9125	KC9125	KC9040
Переменная глубина резания, литая или ковванная корка		KT315	KC9110	KC9125	KC9125
Гладкое резание, предварительно обработанная поверхность		KT315	KT315	KC9110	KC9110

Обработка специальных сталей группы М (желтый цвет)

Условия резания	Стружколом	Стружколом		
		-FF ▼▼▼▼	-FP ▼▼▼	-MP ▼▼
Черновая обдирка		KC5010	KC9225	KC9245
Легкая обдирка		KC5010	KC9225	KC9240
Переменная глубина резания, литая или ковванная корка		KT315	KC5010	KC9225
Гладкое резание, предварительно обработанная поверхность		KT315	KT315	KC5010

Обработка чугунов группы К (красный цвет)

Условия резания	Стружколом	Стружколом					
		▼▼▼		▼▼		▼	
		-T01020	-FN	-T02020	-UN	-T02020	..MA
Черновая обдирка			KC9315	KY3500	KC9325	KY3500	KC9325
Легкая обдирка			KC9315	KY3500	KC9315	KY3500	KC9325
Переменная глубина резания, литая или ковванная корка		KY4400	KT315	KY1615	KC9315	KY3500	KC9315
Гладкое резание, предварительно обработанная поверхность		KY4400	KT315	KY1615	KC9315	KY3500	KC9315

Обработка цветных металлов группы N (зеленый)

Условия резания	Стружколом	Стружколом		
		..MS-F (PKD) ▼▼▼	..GP ▼▼	..MS ▼
Черновая обдирка			KC5410	KC5410
Легкая обдирка		KD100	KC5410	KC5410
Переменная глубина резания, литая или ковванная корка		KD100	KC5410	KC5410
Гладкое резание, предварительно обработанная поверхность		KD100	KC5410	KC5410

Обработка жаропрочных сплавов группы S (оранжевый цвет)

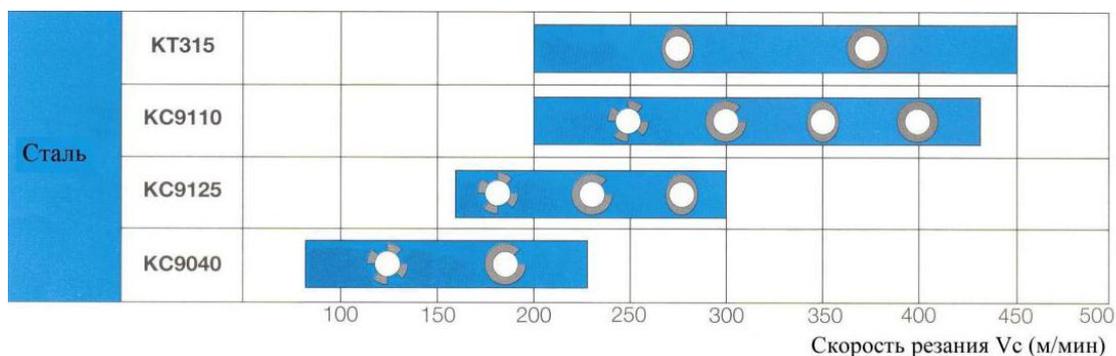
Условия резания	Стружколомы	Стружколом			
		-LF	-T01020	..GP	-MP
Черновая обдирка					KC9245
Легкая обдирка		KC5010	KY4300	KC5010	KC9240
Переменная глубина резания, литая или ковannая корка		KC5010	KY4300	KC5010	KC9240
Гладкое резание, предварительно обработанная поверхность		KC5010	KY2100	KC5010	KC5010

Обработка твердых материалов группы H (серый цвет)

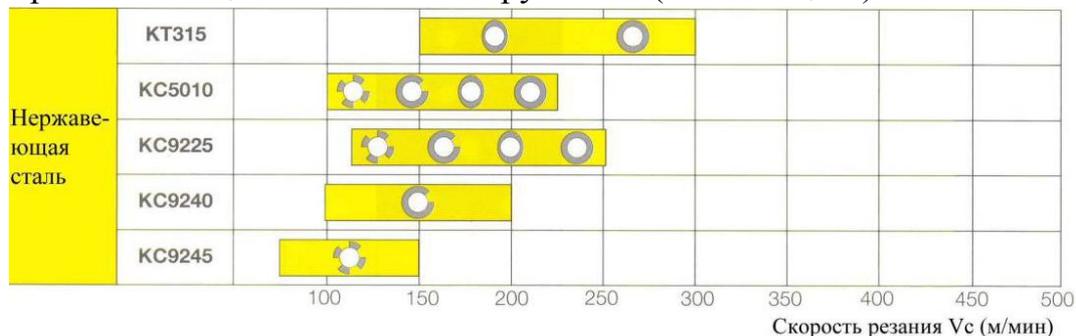
Условия резания	Стружколомы	Стружколом			
		-T01020	-S01025MT -S01020M	-T02020	-T20015
Черновая обдирка			KB5625	KD230	KY4300
Легкая обдирка			KB5625	KD230	KY4300
Переменная глубина резания, литая или ковannая корка		KY4400	KD050	KY1615	KY1615
Гладкое резание, предварительно обработанная поверхность		KY4400	KD050	KY1615	KY1615

5.8 Рекомендации по назначению скорости резания

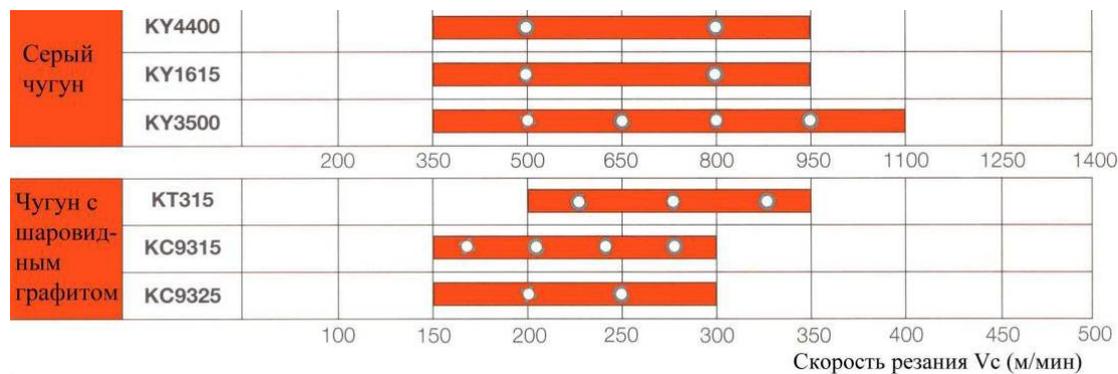
Обработка сталей группы P (синий цвет)



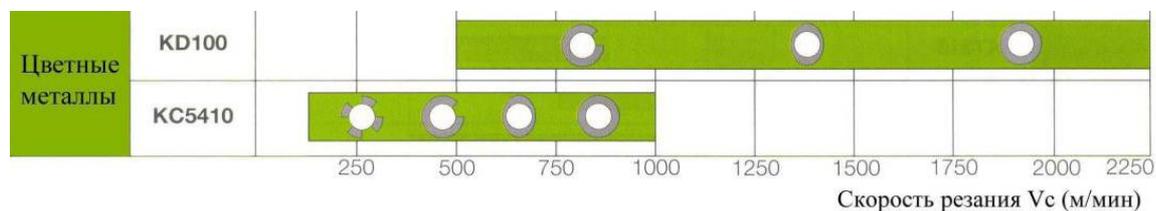
Обработка специальных сталей группы M (желтый цвет)



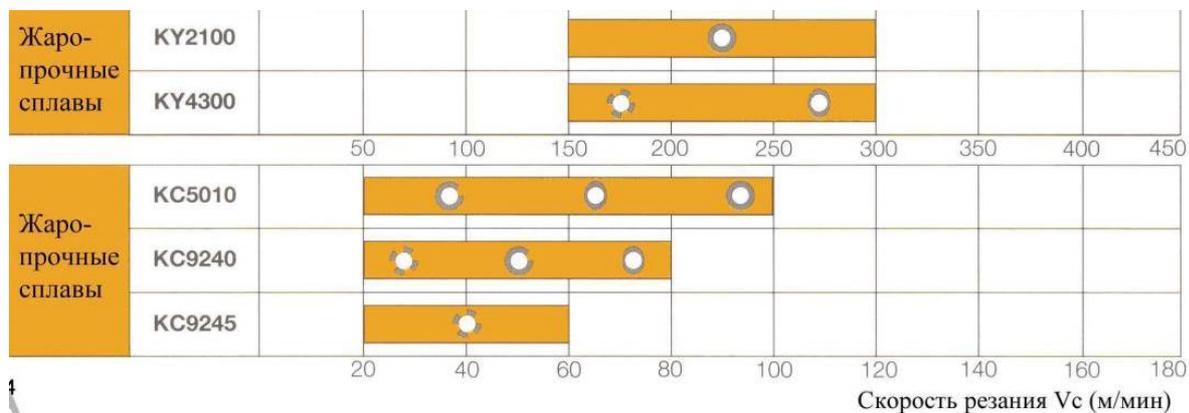
Обработка чугунов группы К (красный цвет)



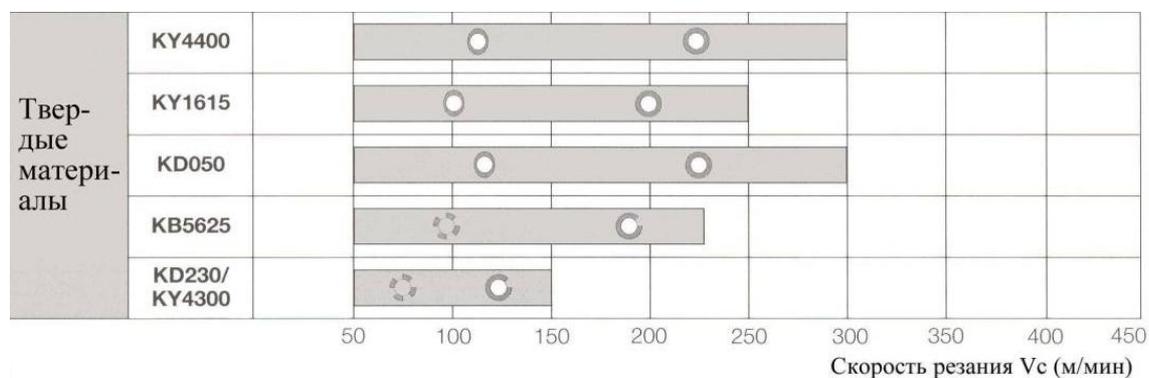
Обработка цветных металлов группы N (зеленый цвет)



Обработка жаропрочных сплавов группы S (оранжевый цвет)



Обработка твердых материалов группы H (серый цвет)



5.9 Задание для самостоятельного выполнения

Таблица 5.4 - Варианты индивидуальных заданий

Вариант	Шероховатость поверхности, мкм	Заготовка	
		Материал	Вид заготовки и состояние поверхности
1	Ra=3.2	Сталь 50	Поковка с коркой
	Ra=2.5	30X13	Прокат без корки
	Ra=1.25	СЧ15	Отливка с коркой
	Ra=2.5	Д16Т	Прокат без корки
2	Ra=1.25	ШХ15	Поковка с коркой
	Ra=3.2	12X18Н9Т	Прокат без корки
	Rz=20	Д16Т	Прокат без корки
	Ra=2.5	СЧ15	Отливка без корки
3	Rz=20	Ст5	Прокат с коркой
	Rz=20	12X18Н9Т	Прокат без корки
	Rz=80	Бр АЖН-11-6-6	Отливка с коркой
	Ra=3.2	ВЧ50-7	Отливка с коркой
4	Ra=2.5	ШХ15	Прокат без корки
	Rz=20	12X18Н9Т	Прокат с коркой
	Rz=80	Бр АЖН-11-6-6	Отливка с коркой
	Rz=80	СЧ15	Отливка без корки
5	Ra=2.5	У8А	Прокат без корки
	Ra=3.2	Жаропрочный сплав ХН35ВТЮ	Прокат без корки
	Rz=20	ЛАЖ 60-1	Отливка без

			корки
	Rz=20	СЧ28	Отливка с коркой
6	Rz=40	Сталь 40Х	Прокат без корки
	Ra=3.2	12Х18Н9Т	Прокат без корки
	Rz=20	ЛМЦОС-38-2	Отливка с коркой
	Rz=80	СЧ15	Отливка с коркой
7	Ra=3.2	Сталь 45	Поковка с коркой
	Rz=80	20Х13	Поковка без корки
	Ra=2.5	Бр АЖ9-4	Отливка с коркой
	Ra=2.5	СЧ28	Отливка без корки
8	Ra=3.2	Ст5	Прокат без корки
	Rz=80	14Х17Н2	Поковка с коркой
	Ra=1.25	Бр АЖ9-4	Отливка без корки
	Ra=2.5	СЧ15	Отливка без корки
9	Ra=2.5	ШХ 15	Прокат с коркой
	Ra=3.2	12Х18Н9Т	Поковка с коркой
	Ra=1.25	Бр АЖ9-4	Отливка с коркой
	Ra=2.5	СЧ28	Отливка без корки
10	Rz=20	Сталь 40	Поковка с коркой
	Ra=1.25	12Х18Н9Т	Прокат с коркой
	Rz=80	ЛМЦОС-38-2	Отливка с коркой
	Ra=2.5	СЧ28	Отливка без корки

11	Rz=80	Сталь 45	Прокат без корки
	Ra=1.25	20X13	Поковка без корки
	Rz=80	СЧ15	Отливка с коркой
	Ra=1.25	Д16Т	Поковка с коркой
12	Rz=80	ШХ15	Поковка с коркой
	Ra=1.25	30X13	Прокат с коркой
	Ra=2.5	Д16Т	Прокат без корки
	Ra=3.2	ВЧ50-7	Отливка с коркой
13	Rz=80	Сталь 40ХН	Поковка с коркой
	Rz=80	14X17Н2	Поковка с коркой
	Rz=80	ЛМЦОС-38-2	Отливка с коркой
	Ra=1.25	СЧ15	Отливка с коркой
14	Ra=2.5	У8А	Прокат без корки
	Ra=1.25	12X18Н9Т	Поковка с коркой
	Rz=80	ЛАЖ 60-1	Отливка без корки
	Ra=2.5	СЧ15	Отливка без корки
15	Ra=1.25	Ст5	Прокат без корки
	Rz=80	30X13	Прокат без корки
	Rz=80	Бр АЖ9-4	Отливка без корки
	Rz=80	СЧ15	Отливка без корки
16	Ra=3.2	Сталь 45	Прокат без корки

	Ra=1.25	Жаропрочный сплав ХН60ВТ	Поковка с коркой
	Rz=20	ДТ16	Прокат с коркой
	Rz=20	СЧ28	Отливка с коркой
17	Ra=2.5	Ст3	Прокат без корки
	Ra=3.2	14Х17Н2	Прокат без корки
	Ra=1.25	Д16Т	Прокат с коркой
	Ra=3.2	ВЧ50-7	Отливка с коркой
18	Ra=1.25	Г13	Прокат с коркой
	Ra=2.5	20Х13	Прокат без корки
	Ra=3.2	ЛС 59–1Т	Отливка без корки
	Ra=2.5	СЧ15	Отливка без корки
19	Ra=3.2	Сталь 45	Прокат без корки
	Ra=2.5	14Х17Н2	Прокат без корки
	Ra=3.2	ЛС 59–1Т	Отливка без корки
	Rz=20	СЧ28	Отливка с коркой
20	Rz=80	Сталь 55	Поковка с коркой
	Rz=80	12Х18Н9Т	Поковка без корки
	Rz=20	ЛАЖ 60-1	Отливка без корки
	Ra=3.2	ВЧ50-7	Отливка с коркой

Практическое занятие № 6

6 ВЫБОР МАРКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ КОНКРЕТНЫХ УСЛОВИЙ ОБРАБОТКИ

6.1 Цель и задачи лабораторного занятия

Цель работы – изучение основных марок инструментальных материалов, предназна-

ченных для механической обработки, и их режущих свойств, режимов резания и приобретение навыков по выбору марки инструментального материала для конкретного вида обработки исходя из обеспечения максимума производительности обработки.

После выполнения работы студент должен

знать: основные марки инструментальных материалов, применяемых в металлообработке, их режущие свойства, значения режимов резания, рекомендуемые для этих материалов;

уметь: для заданного материала детали и вида обработки выбрать марку инструментального материала, который обеспечит максимальную производительность обработки.

6.2 Последовательность выбора марки инструментального материала

Выбор марки инструментального материала и режимов резания производится в следующей последовательности:

- 1 Для заданного обрабатываемого материала и условий обработки выбрать три различные марки инструментального материала.
- 2 Для выбранных марок инструментальных материалов выбрать поправочные коэффициенты на скорость резания и на подачу.
- 3 На основании значений поправочных коэффициентов сравнить производительности для трех выбранных марок инструментальных материалов и выбрать оптимальный по критерию максимальной производительности.

Оптимальным с точки зрения производительности считается сплав, для которого произведение поправочных коэффициентов K_v и K_s будет максимальным.

6.3 Выбор материала для обработки углеродистых конструкционных и инструментальных сталей

Для обработки углеродистых конструкционных и инструментальных сталей в настоящее время используют различные твердые сплавы с покрытием и без, а также сверхтвердые материалы.

Наряду с твердыми сплавами группы ВК, ТК и ТТК всё более широко применяются сплавы группы МС, изготовленные по технологии Шведской фирмы Sandvik Coromant. Номенклатура этих сплавов достаточно разнообразна и они могут использоваться при обработке различных материалов, заменяя традиционные марки твердых сплавов. Характерными особенностями сплавов группы МС являются однородность структуры, повышенная прочность и высокая стабильность режущих свойств, что особенно важно в условиях работы на современном автоматизированном оборудовании.

В таблице 6.1 приводятся рекомендации по рациональному применению марок ин-

струментальных материалов с учетом основных условий эксплуатации инструмента: марки обрабатываемого материала, операции, состояния поверхности заготовки, глубины резания, типа применяемого оборудования.

Для каждой области применения, как правило, рекомендуется несколько близких по свойствам инструментальных материалов, расположенных по степени предпочтительности. Первый столбец каждой карты соответствует предпочтительным маркам инструментальных материалов для усредненных условий эксплуатации. При высокой жесткости технологической системы или при необходимости уменьшения подачи и, соответственно, увеличения скорости резания целесообразно выбирать материалы по второму столбцу. При пониженной жесткости технологической системы, необходимости повышения подачи или надежности инструмента целесообразно выбирать материалы по третьему столбцу.

Таблица 6.1 - Рациональные марки инструментальных материалов для обработки сталей углеродистых, подшипниковых и инструментальных (НВ 110...330)

Условия эксплуатации			Марка инструментального материала		
Характер обработки	Характер припуска	Глубина резания t, мм	Хорошие условия обработки	Нормальные условия обработки	Тяжелые условия обработки
Черно- вая	Непрерывный	До 3	ВОК-60, ТН-20, КНТ-16, ВП1195	Т15К6, МС111	Т14К8, МС2210, МС2215, ВП1255, ВП1325
		Св.3-7	Т15К6, КНТ-16, МС111	Т14К8, МС2210, МС2215, МС121, ВП1255, ВП1325	Т5К10, МС1460, МС1465
		Св.7	Т14К8, МС2215, МС2210, ВП1255, ВП1325	Т5К10, МС131, МС1460, МС1465	Т5К12, МС146
		До 3	Т15К6, МСП, ВП1195	Т14К8, МС2210, МС2215, ВП1255, ВП1325	Т5К10, МС1460
	Прерывистый	Св.3-7	Т14К8, МС2210,	Т5К10, МС1460,	Т5К12, МС146

			MC2215, ВП1325	MC1465	
		Св.7	T5K10, MC1460, MC1465	T5K12, MC46	TT7K12
		До 1	Композит 10	BO-13, ВШ-75	T30K4, TH-20
Чисто- вая	Непре- рывный	Св.1-3	BO-13, T30K4, ВШ-75	T30K4, MC101	TH-20, T15K6

Для указанных в таблице 6.1 условий эксплуатации инструмента разработана система поправочных коэффициентов на подачу и скорость резания, представленная в таблицах 2-3. Эта система дает возможность в зависимости от характера решаемых задач производить выбор режимов резания по критериям минимума приведенных затрат, максимума производительности и минимума затрат при заданном расходе инструмента. Оптимальным является тот инструментальный материал, для которого произведение поправочных коэффициентов $K_s \cdot K_v$ максимальное..

Коэффициент 1,0 соответствует предпочтительным для данных условий инструментальным материалам. При высокой жесткости технологической системы или необходимости уменьшения подачи и, соответственно, увеличения скорости резания целесообразно применять материалы с повышенной износостойкости и поправочным коэффициентом на скорость резания большим 1,0. При пониженной жесткости технологической системы, необходимости повышения подачи или надежности инструмента предпочтительно использовать материалы с повышенной прочностью и поправочным коэффициентом на подачу большим 1,0.

Пустые клетки в таблицах следует понимать так, что для данных условий эксплуатации нецелесообразно применять инструментальные материалы, указанные в соответствующих графах таблицы.

Таблица 6.2 - Выбор поправочных коэффициентов на подачу K_s

Условия эксплуатации			K_s в зависимости от марки материала					
Характер обработки	Характер припуска	Глубина резания, мм	ВОК-60, BO-13, ВШ-75	T30K4, TH20, MC101, ВП1195	T15K6, MC111, KHT16	T14K8, MC2210, MC2215, MC121, ВП1255, ВП1325	T5K10, MC131, MC1460, MC1465	T5K12, MC146, TT7K12
Черновая	Непрерывный	До 3		0,95	1,0	1,05		
		3...7			0,9	1,0	1,1	
		Св. 7			0,8	0,85	1,0	1,15

	Прерывистый	До 3			0,9	1,0	1,1	
		3...7				0,85	1,0	1,15
		Св. 7						0,8
Чистовая	Непрерывный	До 1	1,0	1,05				
		1...3	0,9	1,0	1,1			

Таблица 6.3 - Выбор поправочных коэффициентов на скорость резания K_v

Условия эксплуатации			K _v в зависимости от марки материала					
Характер обработки	Характер припуска	Глубина резания, мм	ВОК-60, ВО-13, ВШ-75	Т30К4, ТН20, МС101, ВП1195	Т15К6, МС111, КНТ16	Т14К8, МС2210, МС2215, МС121, ВП1255, ВП1325	Т5К10, МС131, МС1460, МС1465	Т5К12, МС146, ТТ7К12
Черновая	Непрерывный	До 3	1,2	1,1	1,0	0,9		
		3...7		1,2	1,15	1,0	0,85	
		Св. 7			1,2	1,1	1,0	0,9
	Прерывистый	До 3			1,145	1,0	0,85	
		3...7				1,1	1,0	0,9
		Св. 7					1,05	1,0
Чистовая	Непрерывный	До 1	1,0	0,8	0,7			
		1...3	1,15	1,0	0,85			

6.4 Выбор материала для обработки коррозионно-стойких сталей

В настоящее время для обработки коррозионно-стойких материалов промышленность предлагает большое разнообразие новых марок твердых сплавов: сплавы группы ВК с мелкозернистой и особомелкозернистой структурой; сплавы группы МС, изготовленные по технологии шведской фирмы Sandvik Coromant; сплавы с однослойными и многослойными износостойкими покрытиями.

Твердые сплавы с износостойкими покрытиями марок МС2210, МС2215, ВП1255 и ВП1325 рекомендуются для чистовой и получистовой обработки сложнолегированных сталей и сплавов, для которых характерны адгезионное и диффузионное изнашивание.

Из твердых сплавов с существенно улучшенной структурой следует отметить мелкозернистые (ВК3-М ВК6-М) и особомелкозернистые (ВК6-ОМ ВК10-ОМ). Сплавы ОМ обладают плотной, особомелкозернистой структурой, что позволяет затачивать

и доводить инструмент, изготовленный из них, с наименьшим радиусом округления режущих кромок. Сплав ВК6-ОМ обладает высокой стойкостью при тонком точении и растачивании жаропрочных и коррозионно-стойких сталей и сплавов. Сплав ВК10-ОМ предназначен для черновой и получистовой обработки коррозионно-стойких сталей.

В таблицах 6.4 приводятся рекомендации по рациональному применению марок инструментальных материалов с учетом основных условий эксплуатации инструмента: марки обрабатываемого материала, операции, состояния поверхности заготовки, глубины резания, типа применяемого оборудования.

Таблица 6.4 - Рекомендации по выбору твердых сплавов для обработки высоколегированных сталей

Условия эксплуатации			Марка твердого сплава		
Характер обработки	Характер припуска	Глубина резания, мм	Хорошие условия обработки	Нормальные условия обработки	Тяжелые условия обработки
Черновая и чистовая	Непрерывный	До 3	ВК3-М	ВК6-ОМ, Т15К6	ВК6-М, МС211, МС2215, ВП1255
		3...7	ВП1255, ВК6-ОМ, Т15К6, МС2215, ВП1325, ВП1255	МС2215, ВП1325, ВК6-М, МС211	ВК10-ОМ, ТТ10К8-В, МС2215, ВП1325, ВП1255
		Св. 7	МС2215, ВП1325, ВП1255, ВК6-М, МС211	ВП1455, ВК10-ОМ, ВК10-ХОМ, ТТ10К8-б	ВК15-ХОМ, ВК8, ВП1455
	Прерывистый	До 3	ВК6-ОМ, МС2215, ВП1325, ВП1255	МС2215, ВП1325, ВП1255, ВК6-М	ВК10-ОМ, ВК10-ХОМ, ТТ10К8-б
		3...7	МС2215, ВП1325, ВП1255, ВК6-М	ВП1455, ВК10-ОМ, ВК10-ХОМ, МС2215, ВП1325, ВП1255	ВК15-ХОМ, ВК8, ВП1455

Для указанных в таблице 6.4 условий эксплуатации инструмента разработана система поправочных коэффициентов на подачу и скорость резания, представленная в таблицах 6.5–6.6. Эта система дает возможность производить выбор режимов резания по критериям минимума приведенных затрат, максимума производительности и минимума затрат при заданном расходе инструмента.

Таблица 6.5 - Выбор поправочных коэффициентов на подачу K_s

Условия эксплуатации			K_s в зависимости от марки твердого сплава				
Характер обработки	Характер припуска	Глубина резания, мм	ВК3-М	ВК6-ОМ, Т15К6	МС2215, ВП1325, ВП1255, ВК6-М	ВП1455, ВК10-ОМ, ВК10-ХОМ	ВК15-ХОМ, ВК8
Черновая и чистовая	Непрерывный	До 3	0,95	1,0	1,05		
		3...7		0,9	1,0	1,1	
		Св. 7		0,8	0,85	1,0	
	Прерывистый	До 3		0,85	1,0	1,15	
3...7				0,8	1,0	1,2	

Таблица 6.6 - Выбор поправочных коэффициентов на скорость резания K_v

Условия эксплуатации			K_v в зависимости от марки твердого сплава				
Характер обработки	Характер припуска	Глубина резания, мм	ВК3-М	ВК6-ОМ, Т15К6	МС2215, ВП1325, ВП1255, ВК6-М	ВП1455, ВК10-ОМ, ВК10-ХОМ	ВК15-ХОМ, ВК8
Черновая и чистовая	Непрерывный	До 3	1,2	1,0	0,8		
		3...7		1,15	1,0	0,85	
		Св. 7			1,1	1,0	0,9
	Прерывистый	До 3		1,15	1,0	0,85	
		3...7			1,1	1,0	0,95

6.5 Выбор материала для обработки чугунов и медных сплавов

Довольно перспективной группой инструментальных материалов для обработки чугунов и медных сплавов являются металлокерамические твердые сплавы марок МС и ВП.

Современная режущая оксидно-карбидная ВЗ, ВОК-60, ВОК-63, ВОК-71 минералокерамика по прочности приближается к наиболее износостойким твердым сплавам. Высокие режущие свойства минералокерамики проявляются при скоростной обработке, причем при чистовом и получистовом точении обеспечивается повышение производительности до двух раз при одновременном росте периода стойкости инструментов до пяти раз по сравнению с инструментами из твердых сплавов.

В последние годы широкое распространение получили синтетические сверхтвердые

материалы на основе кубического нитрида бора (композиты). Композиты 01 и 02 применяют для тонкого и чистового точения деталей из закаленных сталей твердостью 50-70 HRC и чугунов любой твердости без ударных нагрузок, композиты 05 и 06 – для чистового и получистового точения деталей из закаленных сталей твердостью 45-58 HRC и чугунов любой твердости без ударов, композиты 10 и 10Д – для чистового и получистового точения с ударом и без удара деталей из закаленных сталей и чугунов.

Несмотря на более высокую стоимость пластин из некоторых новых марок инструментальных материалов, затраты потребителя на обработку единицы продукции по сравнению с традиционными марками ниже благодаря либо улучшению количественных характеристик надежности инструмента, либо повышению подачи и скорости резания.

В таблицах 6.7 приводятся рекомендации по рациональному применению марок инструментальных материалов с учетом основных условий эксплуатации инструмента: марки обрабатываемого материала, операции, состояния поверхности заготовки, глубины резания, типа применяемого оборудования.

Таблица 6.7 - Рекомендации по выбору твердых сплавов для обработки чугунов и цветных сплавов

Условия эксплуатации			Марка твердого сплава		
Характер обработки	Характер припуска	Глубина резания, мм	Хорошие условия обработки	Нормальные условия обработки	Тяжелые условия обработки
Черновая и чистовая	Непрерывный	До 3	ВК6-ОМ, ВК6М, ВК3, МС306, ВОК-60, ВК2, ВК3М	ТТ8К6, ВК6М, ВК3М	ВК6М, композит 01, композит 02, композит 05
		3...7	ТТ8К6, ВК6М, ВК4	МС312, МС33	МС312, МС313, ВК6-ОМ, ВК10-ОМ, композит 10
		Св. 7	МС312, МС313, ВК4, ВК2	ВК4, ВК6, МС318	МС321, МС318, ВК8, ВК6
	Прерывистый	До 3	ТТ8К6, ВК6М, ВК3М	МС312, МС33	МС312, МС313, ВК6-ОМ, ВК10-ОМ, композит 10

		3...7	ВК6М, композит 01, композит 02	МС312, МС313, ВК6-0М, ВК10-0М	МС321, МС318, ВК8, ВК6
--	--	-------	--------------------------------------	--	---------------------------

Поправочные коэффициенты на скорость резания и подачу при обработке чугуна и медных сплавов различной твердости разными инструментальными материалами приведены в таблицах 7.8-7.9.

Таблица 7.8 - Выбор поправочных коэффициентов на подачу K_s для чугунов и цветных сплавов

Условия эксплуатации			K_s в зависимости от марки инструментального материала								
Характер обработки	Характер припуска	Глубина резания, мм	Композит 05, Композит 01	Композит 10	ВОК-71 ВОК-60, В3, ОНТ-20	ВК3-М, ТН-20, ВК3	ВК6-ОМ, ТТ8 К6	ВК6-М, ВК4	ВК6, МС3210 МС3215 ВП3115	ВК8,В ПЗ3 25	
Черновая	Непрерывный	До 3			0,95	1,0	1,05				
		3 ... 7					0,9	1,0	1,1		
		Св. 7						0,85	1,0	1,15	
	Прерывистый	До 3						0,9	1,0	1,1	
		3...7						0,85	1,0	1,15	
		Св. 7							0,8	1,0	
Чистовая	Непрерывный	До 1	0,95	1,0	1,05						
		1...2		0,9	1,0	1,1					

Таблица 7.9 - Выбор поправочных коэффициентов на скорость резания K_v для чугунов и цветных сплавов высокой твердости

Условия эксплуатации			K_v в зависимости от марки инструментального материала							
Характер обработки	Характер припуска	Глубина резания, мм	Композит 05, Композит 01	Композит 10	ВОК-71, ВОК-60, В3, ОНТ-20	ВК3-М, ТН-20, ВК3	ВК6-ОМ, ТТ8 К6	ВК6-М, ВК4	ВК6, МС3210 МС3215 ВП3115	ВК8, ВПЗ 325
Черновая	Непрерывный	До 3			1,2	1,0	0,8			
		3 ...7					1,15	1,0	0,85	
		Св. 7						1,1	1,0	0,9
	Прерывистый	До 3					1,15	1,0	0,85	

	рвыи- стый	3 ... 7						1,1	1,0	0,9
		Св. 7							1,05	1,0
Чис- товая	Не- преры- вный	До 1	1,2	1,0	0,75					
		1 ... 2		1,15	1,0	0,85				

6.6 Задание для самостоятельного выполнения

Таблица 7.10 - Варианты индивидуальных заданий

Вариант	Размеры заготовки и детали, мм			Шерохова- тость по- верхности, мкм	Заготовка	
	Dз	Dд	L		Материал	Вид заготовки и состояние поверх- ности
1	138	130h7	550	Ra=3.2	Сталь 50	Поковка с коркой
	120	112h8	390	Ra=2.5	30X13	Прокат без корки
	140	135h7	550	Ra=1.25	СЧ15	Отливка с коркой
	85	70h8	490	Ra=2.5	Д16Т	Прокат без корки
2	120	112h8	290	Ra=2.5	ШХ15	Прокат без корки
	110	90h9	120	Rz=20	12X18Н9Т	Прокат с коркой
	500	455h11	1100	Rz=80	Бр АЖН-11-6-6	Отливка с коркой
	110	100h9	800	Rz=80	СЧ15	Отливка без корки
3	120	112h8	390	Ra=2.5	У8А	Прокат без корки
	75	70h8	490	Ra=3.2	ХН35ВТЮ	Прокат без корки
	140	136h8	470	Rz=20	ЛАЖ 60-1	Отливка без корки
	210	200h9	620	Rz=20	СЧ28	Отливка с коркой
4	80	70f9	390	Ra=3.2	Ст5	Прокат без корки
	300	280h11	1000	Rz=80	14X17Н2	Поковка с коркой
	138	130h7	550	Ra=1.25	Бр АЖ9-4	Отливка без корки
	105	100h7	500	Ra=2.5	СЧ15	Отливка без корки
5	140	135h7	550	Ra=1.25	ШХ15	Поковка с коркой
	53	50f9	390	Ra=3.2	12X18Н9Т	Прокат без корки
	140	136h8	470	Rz=20	Д16Т	Прокат без корки
	105	100h7	500	Ra=2.5	СЧ15	Отливка без корки
6	810	800h9	1200	Rz=20	Сталь 40	Поковка с коркой
	52	50h7	500	Ra=1.25	12X18Н9Т	Прокат с коркой
	400	375h11	1100	Rz=80	ЛМЦОС-38-2	Отливка с коркой
	35	32d8	350	Ra=2.5	СЧ28	Отливка без корки
7	150	146h8	450	Rz=80	Сталь 45	Прокат без корки
	138	130h7	550	Ra=1.25	20X13	Поковка без корки

	400	355h11	1100	Rz=80	СЧ15	Отливка с коркой
	140	135h7	550	Ra=1.25	Д16Т	Поковка с коркой
8	130	125h7	540	Rz=20	Ст5	Прокат с коркой
	140	136h8	470	Rz=20	12Х18Н9Т	Прокат без корки
	110	106h10	500	Rz=80	Бр АЖН-11-6-6	Отливка с коркой
	138	130h7	550	Ra=3.2	ВЧ50-7	Отливка с коркой
9	800	780h11	900	Rz=80	Сталь 40ХН	Поковка с коркой
	400	355h11	1100	Rz=80	14Х17Н2	Поковка с коркой
	900	885h11	1100	Rz=80	ЛМЦОС-38-2	Отливка с коркой
	140	135h7	550	Ra=1.25	СЧ15	Отливка с коркой
10	65	60h7	500	Ra=1.25	Ст5	Прокат без корки
	110	106h10	500	Rz=80	30Х13	Прокат без корки
	620	610h9	800	Rz=80	Бр АЖ9-4	Отливка без корки
	110	100h9	800	Rz=80	СЧ15	Отливка без корки
11	75	70h8	490	Ra=3.2	Сталь 45	Прокат без корки
	140	135h7	550	Ra=1.25	ХН60ВТ	Поковка с коркой
	210	200h9	620	Rz=20	ДТ16	Прокат с коркой
	210	200h9	620	Rz=20	СЧ28	Отливка с коркой
12	138	130h7	550	Ra=1.25	Г13	Прокат с коркой
	120	112h8	390	Ra=2.5	20Х13	Прокат без корки
	75	70h8	490	Ra=3.2	ЛС 59-1Т	Отливка без корки
	105	100h7	500	Ra=2.5	СЧ15	Отливка без корки
13	35	32d8	350	Ra=2.5	ШХ 15	Прокат с коркой
	138	130h7	550	Ra=3.2	12Х18Н9Т	Поковка с коркой
	140	135h7	550	Ra=1.25	Бр АЖ9-4	Отливка с коркой
	35	32d8	350	Ra=2.5	СЧ28	Отливка без корки
14	53	50f9	390	Ra=3.2	Сталь 45	Прокат без корки
	120	112h8	390	Ra=2.5	14Х17Н2	Прокат без корки
	75	70h8	490	Ra=3.2	ЛС 59-1Т	Отливка без корки
	210	200h9	620	Rz=20	СЧ28	Отливка с коркой
15	85	70h8	490	Ra=2.5	Ст3	Прокат без корки
	75	70h8	490	Ra=3.2	14Х17Н2	Прокат без корки
	52	50h7	500	Ra=1.25	Д16Т	Прокат с коркой
	138	130h7	550	Ra=3.2	ВЧ50-7	Отливка с коркой
16	110	100h9	620	Rz=40	Сталь 40Х	Прокат без корки
	53	50f9	390	Ra=3.2	12Х18Н9Т	Прокат без корки
	130	124h8	470	Rz=20	ЛМЦОС-38-2	Отливка с коркой
	400	355h11	1100	Rz=80	СЧ15	Отливка с коркой
17	900	885h11	1100	Rz=80	Сталь 55	Поковка с коркой
	620	610h9	800	Rz=80	12Х18Н9Т	Поковка без корки

	140	136h8	470	Rz=20	ЛАЖ 60-1	Отливка без корки
	138	130h7	550	Ra=3.2	ВЧ50-7	Отливка с коркой
18	130	115h9	390	Ra=2.5	У8А	Прокат без корки
	140	135h7	550	Ra=1.25	12Х18Н9Т	Поковка с коркой
	110	106h10	500	Rz=80	ЛАЖ 60-1	Отливка без корки
	105	100h7	500	Ra=2.5	СЧ15	Отливка без корки
19	620	600h7	850	Ra=3.2	Сталь 45	Поковка с коркой
	620	610h9	800	Rz=80	20Х13	Поковка без корки
	35	32d8	350	Ra=2.5	Бр АЖ9-4	Отливка с коркой
	35	32d8	350	Ra=2.5	СЧ28	Отливка без корки
20	800	780h11	1000	Rz=80	ШХ15	Поковка с коркой
	52	50h7	500	Ra=1.25	30Х13	Прокат с коркой
	75	70h8	490	Ra=2.5	Д16Т	Прокат без корки
	138	130h7	550	Ra=3.2	ВЧ50-7	Отливка с коркой

Методичні вказівки практичних занять з вибіркової навчальної дисципліни циклу дисциплін за вибором ВНЗ «Конструкційні та інструментальні матеріали» для студентів денної, заочної та денно-заочної форм навчання.

Укладач Кисельова Ірина Володимирівна, к.т.н., доцент