

Министерство сельского хозяйства РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Брянский государственный аграрный университет»

Коршунов В.Я.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИНСТРУМЕНТЫ

Практикум по выполнению самостоятельных и практических работ
для студентов очной и заочной формы обучения
по направлению подготовки 25.03.06 Агроинженерия
профиль Технический сервис в АПК

Брянская область

2019

УДК 621.01 (076.5)
ББК 34.41
К 70

Коршунов, В. Я. Инструментальные материалы и инструменты: практикум по выполнению самостоятельных и практических работ для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.96 Агроинженерия профиль Технический сервис в АПК / В. Я. Коршунов. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. – 36 с.

В практикуме изложен материал по выполнению самостоятельных и практических работ по курсу Технология сельскохозяйственного машиностроения. Практикум может быть полезен при выполнении выпускной квалификационной работы.

Разработан для студентов очной и заочной формы обучения высших учебных заведений, обучающихся по направлению 35.03.06 Агроинженерия профиль Технический сервис в АПК.

Рецензент:

д.т.н., профессор, директор инженерно-технологического института Купреенко А.И.

Рекомендован к изданию методической комиссией инженерно-технологического института Брянского ГАУ, протокол №7 от 20 мая 2019 года

© Брянский ГАУ, 2019
© Коршунов В.Я., 2019

Содержание

| | |
|--|----|
| 1 Инструментальные материалы..... | 4 |
| 1.1 Основные свойства инструментальных материалов..... | 4 |
| 1.2 Углеродистые и легированные инструментальные стали..... | 6 |
| 1.3 Быстрорежущие стали | 7 |
| 1.4 Твердые сплавы..... | 9 |
| 1.5 Безвольфрамовые твердые сплавы (БВТС)..... | 10 |
| 1.6 Твердые сплавы с износостойкими покрытиями..... | 10 |
| 1.7 Минералокерамика..... | 11 |
| 1.8 Сверхтвердые материалы (СМ)..... | 13 |
| 2 Химический состав, физико-механические свойства и области применения различных инструментальных материалов..... | 14 |
| 3 Форма, размеры механически закрепляемых пластин из твердого сплава, СТМ и минералокерамики..... | 15 |
| 4 Конструкции узлов механического крепления многогранных неперетачиваемых пластин (МНП)..... | 28 |
| 5 Выбор режимов резания при точении и фрезеровании..... | 30 |
| 5.1 Выбор режимов резания резцами из различных инструментальных материалов..... | 30 |
| 5.2 Выбор режимов резания при фрезеровании..... | 32 |
| 6 Расчет силы резания и мощности при точении и фрезеровании..... | 33 |

1 Инструментальные материалы

1.1 Основные свойства инструментальных материалов

Для изготовления рабочей части режущих инструментов применяют пять групп инструментальных материалов; инструментальные углеродистые и легированные стали, быстрорежущие стали, твёрдые сплавы, минералокерамику и сверхтвёрдые материалы.

В процессе резания инструменты испытывают большие удельные усилия, подвергаются нагреву и износу, поэтому инструментальные материалы должны обладать определенными физико-механическими и технологическими свойствами, из которых основными являются твердость, прочность и пластичность, теплостойкость и теплопроводность, сопротивляемость схватыванию с обрабатываемым материалом, износостойкость, а также закаливаемость и прокаливаемость (для инструментальных сталей), устойчивость против перегрева и окисления, свариваемость или способность к соединению пайкой, склонность к образованию трещин при пайке и шлифуемость.

От указанных свойств этих материалов зависят такие важные технологические показатели, как производительность обработки резанием, стойкость, надежность инструмента и др.

Практически не существует таких материалов, которые бы обладали прочностью, тепловыми характеристиками и т.д..

Чтобы правильно выбрать инструментальный материал для конкретных условий обработки или правильно использовать имеющийся, необходимо знать влияние его свойств на прогресс резания.

Твердость. Осуществление процесса резания возможно в том случае, если твердость режущего инструмента значительно выше твердости обрабатываемого материала. Чем выше твердость инструмента, тем выше его стойкость и скорость резания. С увеличением твердости повышается сопротивляемость инструмента механическому износу и более длительное время сохраняется острота режущей кромки.

Однако не для всех инструментов и условий обработки целесообразно выбирать инструментальный материал с наивысшей твердостью, так как с ее увеличением повышаются хрупкость и склонность к образованию трещин при пайке и заточке, ухудшается шлифуемость. Поэтому при выборе инструментального материала необходимо учитывать не только твердость, но и другие его свойства.

Твердость инструментальных материалов определяете с помощью прибора Роквелла или прибора ПМТ-3. Оценку твердости на первом приборе производят по шкале С (нагрузка на алмазный конус - 150 кг с) или по шкале А (нагрузка - 60 кг с) и обозначают соответственно HRC или HRA. На приборе АТП-3 твердость оценивается по методу Виккерса как частное от деления нагрузки на боковую площадь отпечатка, измеряется в кг с/мм² и обозначается Н.

Прочность. В процессе резания на инструмент действуют силы, которые подвергают его сжатию, изгибу, скручиванию и другим видам деформации. Способность инструмента сопротивляться деформации является очень важным свойством и характеризуется пределом прочности. Понятие - прочность инструмента - имеет двойное значение: прочность режущих элементов, находящихся в зоне резания и подвергающихся воздействию тепла, и прочность не режущих элементов инструментов. В первом случае прочность характеризует такие режущие свойства инструмента, как сопротивление хрупкому и пластическому разрушению режущей части; во втором - жесткость, виброустойчивость и надежность инструмента в целом.

Теплостойкость. Механические свойства инструментального материала изменяется под воздействием температуры резания. С увеличением температуры выше определенного значения твердость и прочность материала уменьшаются и достигают таких значений, когда инструмент начинает быстро размягчаться, изнашиваться и теряет свою режущую способность.

Температура, до которой инструментальный материал сохраняет свою режущую способность, называется теплостойкостью.

Для быстрорежущих сталей и твердого сплава - это температура, при которой твердость снижается до HRA 58-60.

Теплопроводность - это свойство, влияющее на температуру режущего лезвия в процессе обработки. Чем выше, теплопроводность, тем лучше отводится тепло из зоны контакта инструмента с обрабатываемым материалом и тем меньше температура резания. Кроме того, материалы с большей теплопроводностью меньше склонны к образованию трещин при заточке и пайке.

Адгезионная стойкость - это устойчивость против схватывания. Низкая адгезионная стойкость инструментального материала приводит к увеличению интенсивности износа инструмента, особенно при высоких температурах и давлениях в зоне резания.

Износостойкость - это свойство инструментального материала сопротивляться механическому, тепловодному и химическому воздействию обрабатываемого материала в процессе резания. Важнейшими факторами, влияющими на износостойкость, являются твердость, теплостойкость, теплопроводность, адгезионная стойкость.

При выборе инструментального материала необходимо стремиться к оптимальному значению его износостойкости с учетом химического состава и прочности обрабатываемого материала, характера операции к конструкции инструмента, жесткости оборудования, возможности применения смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) и др.

Физико-механические свойства основных групп инструментальных материалов приведены в табл. 1.

1.2 Углеродистые и легированные инструментальные стали

Наибольшее применение для изготовления режущего инструмента находят стали марок У10А, У11А, У12А, 9ХС, ХВ5, ХВГ, ХВСГ и др.

Из этих сталей изготавливают инструменты, работающие при невысоких скоростях резания (до 15 м/мин): метчики, плашки, малоразмерные сверла, развертки.

Таблица 1 - Физико-механические свойства основных групп инструментальных материалов

| Инструментальный материал | Предел прочности на изгиб, кг с/мм ² | Твердость | | Теплостойкость, °С | Теплопроводность, Вт/м·°С |
|---------------------------|---|------------------|--------------------------|--------------------|---------------------------|
| | | HRA (HRC) | HV, кг с/мм ² | | |
| Углеродистые стали | 200-220 | 79-80 (62-74) | 650-780 | 200-250 | 32-39 |
| Быстрорежущие стали | 205-350 | 79-88 (63-68) | 750-1400 | 620-640 | 20-25 |
| Твердые сплавы | 95-160 | 88-92 | 1400-1900 | 800-1000 | 12-86 |
| Минералокерамика | 40-75 | 93-94 | 2000-2400 | 1000-1200 | 4,0 |
| Сверхтвердые материалы | 40-100 | - | 4000-7500 | 1000-1300 | 30-60 |
| Алмаз | 30 | - | 10000 | 750 | 142,5 |

Углеродистые стали содержат в среднем от 0,3 до 1,2% углерода; 0,15-0,35% марганца и столько же кремния; 0,02% серы и 0,03% фосфора. Твердость инструмента после закалки - HRC 62-64; прочность на изгиб - 200-220 кг с/мм²; теплостойкость - 200-250 °С.

Введение в состав инструментальной стали хрома, вольфрама, молибдена, ванадия повышает режущую способность. Так, например, стали марок ХВГ и ХВСГ после термической обработки имеют твердость HRC 63-64. Прочность на изгиб 250-270 кг с/мм² и теплостойкость 250-260°С. Они более износоустойчивы и лучше прокаливаемы, поэтому их применяют для инструментов диаметром (стороной) от 20 до 90 мм. Легированные инструментальные стали допускают примерно в 1,2-1,4 раза большую скорость резания, чем углеродистые.

1.3 Быстрорежущие стали

Быстрорежущие стали обладают более высокими, чем углеродистые инструментальные стали, физико-механическими и эксплуатационными свойствами: твердостью до HRC 70, теплостойкостью в пределах 500-650 °С, сохранением высокой износостойкости при нагреве и повышенным сопротивлением пластической деформации. С появлением этих сталей стало возможным увели-

чить скорость резания в 2-4 раза и повысить стойкость инструментов в 10-40 раз по сравнению с инструментами из углеродистых инструментальных сталей.

Основными легирующими элементами быстрорежущих сталей являются вольфрам или вольфрам вместе с молибденом, а основным карбидом – M_6C содержащий кроме вольфрама и молибдена также хром и ванадий.

В зависимости от химического состава быстрорежущие стали разделены на вольфрамовые, вольфрамомолибденовые, молибденовые стали с высоким содержанием ванадия (вольфрамованадиевые), кобальтовые, а также безвольфрамовые стали.

По эксплуатационным свойствам современные быстрорежущие, стали можно выделить в три группы: обычной (теплостойкость $620^{\circ}C$), повышенной ($630-640^{\circ}C$) и высокой ($700-725^{\circ}C$) производительности.

В первую группу входят вольфрамовые, вольфрамомолибденовые и безвольфрамовые стали; во вторую - вольфрамованадиевые, вольфрамомолибденовые с повышенным содержанием углерода и кобальтовые; в третью - стали с интерметаллидным упрочнением.

Вольфрамовые быстрорежущие стали: P18, P12, P9 - цифра после буквы P показывает процентное содержание вольфрама. Высокое содержание дефицитного вольфрама явилось причиной сокращения выпуска и применения стали P18 для изготовления режущего инструмента. Сталь P12 на 30% дешевле, чем сталь P18, и применяется для изготовления всех видов инструмента.

Сталь P9 содержит вдвое меньше вольфрама, чем сталь P18, однако ее эксплуатационные качества хуже – выше карбидная неоднородность и склонность к появлению прожогов при заточке.

Вольфрамомолибденовые и молибденовые стали. Наибольшее распространение из этой группы получили стали P6M5, P8M3, которые в настоящее время практически заменили сталь P18 для изготовления режущего инструмента.

Вольфрамованадиевые стали P12Ф3 и P6M5Ф3. Повышение содержания ванадия в этих сталях до 2,7% улучшило такие их качества, как износостойкость, прочность, теплостойкость и твердость, но ухудшило шлифуемость.

Кобальтовые стали. Кобальт – это легирующий элемент, который значительно повышает теплостойкость и вторичную твердость и кроме того, улучшает теплопроводность. Поэтому теплостойкость кобальтовых сталей достигает 645-650 °С, а твердость 67-70 HRC. Государственным стандартом (ГОСТ 19265-73) предусмотрены семь марок кобальтовых сталей: P6M5Ф3, P18K5Ф2, P9M4K8, P6M5K5, P10K5Ф5, P9K5, P9K10.

Цифры после букв P, K, Ф, M – процентное содержание вольфрама, кобальта, ванадия и молибдена.

В последние годы разработаны и нашли практическое применение быстрорежущие стали высокой теплостойкости – стали с интерметаллидным упрочнением марок В11М7К23, В4М12К23 и др. Их теплостойкость достигает 700-725 °С. Данные стали используются при точении, строгании и фрезеровании труднообрабатываемых материалов.

1.4 Твердые сплавы

Металлокерамические твердые сплавы состоят из тончайших зерен карбидов тугоплавких металлов – вольфрама, титана и тантала, соединенных цементирующим металлом (связкой) – кобальтом. Карбиды являются основной составной частью твердых сплавов, их содержание равно 66-97%. Благодаря наличию карбидов сплавы обретают высокую твердость и износостойкость. Связующий материал придает сплаву определенную прочность и вязкость.

Существуют три основные группы твердых сплавов, отличающихся составом их карбидной основы: вольфрамовая, титано-вольфрамовая и титано-тантало-вольфрамовая. В последние годы в связи с возрастанием дефицитности вольфрама и кобальта появилась четвертая группа - безвольфрамовые твердые сплавы (БВТС). Основу сплавов этой группы составляет карбид титана (50-70%), а остальное – никель (15-33%) и молибден (5-13%). Пример расшифровки трёхкарбидного твёрдого сплава: ТТ7К12 – примерно 1-1,5% карбида тантала, 6-5,5% карбида титана, 12% кобальта (связки), остальное - карбид вольфрама.

1.5 Безвольфрамовые твердые сплавы (БВТС)

Созданные для замены вольфрамосодержащих твердых сплавов безвольфрамовые сплавы выделились в самостоятельную группу инструментальных материалов, имеющих свои области применения, обусловленные их физико-механическими и режущими свойствами.

БВТС по сравнению с вольфрамовыми сплавами имеют меньшую прочность на изгиб, но твердость их выше. Из других свойств необходимо отметить более низкую теплопроводность, более высокий коэффициент линейного расширения и на 20-25% меньший коэффициент трения со сталью, следовательно, безвольфрамовые сплавы обладают высокой износостойкостью, но чувствительны к ударным нагрузкам. Они плохо поддаются пайке и заточке вследствие неудовлетворительных термических свойств, поэтому принимаются в основном в виде неперетачиваемых пластин.

В СССР разработано несколько марок безвольфрамовых твердых сплавов: КНТ-16, ТМЗ и ТН20. В этих сплавах: КН - карбонитрид титана, Т - карбид титана, Н - никель, М - молибден.

1.6 Твердые сплавы с износостойкими покрытиями

В последние годы в мировой практике нашли широкое применение двух- и трехслойные инструментальные материалы, получаемые путем нанесения на основной материал износостойких покрытий из карбида (T_iC), нитрида (T_iN) или карбидонитрида (T_iCN) титана в виде тонкого слоя толщиной 5-10 мкм. Применяют также комбинированные покрытия, когда на твердосплавную пластину вначале наносится слой карбида титана (0,005 мм), а на него - слой окиси алюминия (0,001 мм).

Так как при переточке инструмента износостойкий слой снимается, поэтому покрытия наносят на многогранные неперетачиваемые пластины.

Каковы преимущества пластин с износостойким покрытием? Как уже го-

ворилось, с увеличением твердости инструментального материала падает его прочность. Это противоречие практически не разрешимо для основных марок твердых сплавов. Пластины же с износостойким покрытием сочетают в себе высокую прочность базового материала и высокую твердость поверхностного слоя. Более того, износостойкое покрытие обладает меньшим коэффициентом трения и лучшей устойчивостью против схватывания с обрабатываемым материалом.

Промышленные испытания инструментов, оснащенных многогранными твердосплавными пластинами с износостойкими покрытиями, показали, что при точении и фрезеровании деталей из стали и чугуна стойкость их в 1,5-2,5 раза выше, чем инструментов с пластинами без покрытия. Более эффективно применение инструментов с износостойким покрытием для обработки труднообрабатываемых материалов. Здесь стойкость повышается в 3 раза и более.

Износостойкие покрытия повышают также стойкость инструмента из быстрорежущей стали (фрез, сверл, метчиков) примерно в 1,5 раза.

В настоящее время освоен серийный выпуск твердосплавных непоретачиваемых пластин с износостойкими покрытиями, а также производство многолезвийных быстрорежущих инструментов.

1.7 Минералокерамика

Минералокерамика - инструментальный материал, обладающий высокой твердостью (HRA 93-94), теплостойкостью (до 1200°G), температурой схватывания с металлом и износостойкостью, но также с высокой хрупкостью, низкой вязкостью и плохой сопротивляемостью циклическим изменениям тепловой нагрузки.

В связи с таким сочетанием положительных и отрицательных эксплуатационных качеств минералокерамика в основном используется для получистовой и чистовой обточки и расточки деталей из высокопрочных и отбеленных чугунов, закаленных сталей, а также из неметаллических материалов. При определенных условиях (в первую очередь при высокой жесткости системы

(СПИД) станок – приспособление – инструмент - деталь) минералокерамику можно применять для чистового фрезерования.

Выпускают оксидную (белую), оксидно-карбидную (черную) и оксидно-нитридную керамику.

Оксидная керамика почти полностью состоит из окиси алюминия ($Al_2 O_3$) ее получают путем прессования тонкоизмельченных частиц $Al_2 O_3$ с последующим горячим спеканием. Сейчас освоены новые марки оксидной керамики с улучшенными физико-механическими свойствами, такие как ВОІЗ ($\sigma_{и} = 40-50$ кг с/мм²), ВШ-75 ($\sigma_{и} = 55-60$ кг с/ мм²) и др.

Оксидную керамику рекомендуется использовать для чистового и получистового точения нетермообработанных сталей, а также серых и ковких чугунов с твердостью НВ 200 и менее.

Оксидно-карбидная керамика имеет в своем составе кроме $Al_2 O_3$ легирующие добавки карбидов хрома, титана, вольфрама и молибдена. Благодаря этому ее прочность на изгиб значительно выше, чем у оксидной керамики, и достигает 55-70 кг с/мм², при некотором снижении теплостойкости и износостойкости. Выпускаются следующие марки оксидно-карбидной керамики: ВЗ, ВОК60 и ВОК63; эти вида керамики рекомендуется применять для чистового и получистового точения и фрезерования закаленных сталей (HRC 45 и более), серых чугунов (НВ 240), отбеленных чугунов (НВ 400-700), а также нержавеющей сталей.

Оксидно-нитридная керамика состоит из нитридов кремния и тугоплавких материалов с включением окиси алюминия и других компонентов. К этой группе относится силинит - Р ТУ06-339-78 и кортинит ОНТ-20 ТУ 2-036-087-82.

Силинит - Р обладает такой же прочностью на изгиб, как и оксидно-карбидная минералокерамика ($\sigma_{и} = 49-68$ кг с/мм²), но большей твердостью (HRC 94-96) и стабильностью свойств, при высокой температуре. Из этого материала изготавливают как напайные, так и не перетачиваемые механически закрепляемые пластины.

Благодаря высокой твердости селенит - Р превосходит по стойкости твердые сплавы при обработке закаленных сталей.

Инструментом, оснащенным пластинами из кортинита, рекомендуется обрабатывать закаленные стали HRC 30-55, ковкие чугуны, модифицированные и отбеленные чугуны, а также термоулучшенные стали.

Режущая керамика выпускается в основном в виде многогранных непере-тачиваемых пластин - трехгранных, квадратных, ромбических и круглых.

1.8 Сверхтвердые материалы (СТМ)

Для изготовления лезвийного инструмента в настоящее время применяются три вида сверхтвердых материалов (СТМ): природные алмазы, поликристаллические синтетические алмазы и композиты на основе нитрида бора.

Природные и синтетические алмазы обладают такими уникальными свойствами, как самая высокая твердость ($HV 10000 \text{ кг с/мм}^2$) весьма малые коэффициенты линейного расширения и коэффициент трения и высокая теплопроводность, адгезионная стойкость и износостойкость.

Недостатками алмазов являются невысокая прочность на изгиб, хрупкость и растворимость в железе при относительно низких температурах (750°C), что препятствует использованию их для обработки железоуглеродистых сталей и сплавов на высоких скоростях резания, а также при прерывистом резании и вибрациях.

Природные алмазы используются в виде кристаллов, закрепляемых в металлическом корпусе резца.

Синтетические алмазы марок АСБ (балас) и АСПК (карбонадо) сходны, по своей структуре с природными алмазами. Они имеют поликристаллическое строение и обладают более высокими прочностными характеристиками.

Синтетические алмазы по сравнению с природными имеют ряд преимуществ, обусловленных их более высокими прочностными и динамическими характеристиками. Их можно использовать не только для точения, но также и для фрезерования. Синтетические алмазы менее чувствительны к динамическим нагрузкам и позволяют нести обработку с большим сечением среза (глубиной и подачей).

Отечественной промышленностью поликристаллические алмазы выпускаются в виде пластин цилиндрической и сегментной форм диаметром до 6 мм.

Природные и синтетические алмазы нашли широкое применение при обработке медных, алюминиевых и магниевых сплавов, баббитов, благородных металлов, титана и его сплавов, неметаллических материалов (пластмасс, текстолита, стеклотекстолита, органического стекла, прессованного графита), а также твердых сплавов и керамики.

Композит - новый сверхтвердый материал (СТМ) на основе кубического нитрида бора, применяемый для изготовления лезвийного режущего инструмента.

По твердости композит приближается к алмазу, значительно превосходит его по теплостойкости, более инертен к черным металлам. Это определяет главную область его применения - обработка закаленных сталей (HRC 35-65) и чугунов. Однако композит может быть эффективно использован также при обработке легких и цветных сплавов и некоторых труднообрабатываемых материалов.

Промышленность освоила выпуск следующих основных, марок СТМ: композит 01 (эльбор - Р), композит 02 (белбор); композит 05 и 05И, композит 10 (гексанит - Р) и композит 09 (ПТНБ - ИК).

Режущие элементы из композитов выпускаются в виде пластин для неразъемного соединения со стальным корпусом, а также в виде круглых, трехгранных, квадратных, ромбических и шестигранных неперетачиваемых пластик для механического соединения.

2 Химический состав, физико-механические свойства и области применения различных инструментальных материалов

Химический состав, физико-механические свойства и области применения различных инструментальных материалов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные характеристики некоторых безвольфрамовых твердых сплавов группы ТН и КНТ

| Марка сплава | Массовая доля компонентов, % | | | Физико-механические свойства | | | Область применения |
|--------------|------------------------------|------|-----|------------------------------|------------------------------|----------------|---|
| | TiC | Ni | Mo | $\sigma_{и}$, МПа, не менее | плотность, г/см ³ | твёрдость, HRC | |
| ТН-20 | 79 | 15 | 6 | 900 | 5,6 | 90,5 | Получистое и чистое точение и растачивание углеродистых и легированных сталей |
| ТН-25 | 74 | 20 | 6 | 1000 | 5,7 | 89,0 | |
| ТН-30 | 69 | 24 | 7 | 1100 | 5,8 | 88,5 | |
| КТН-16 | 74 | 19,5 | 6,5 | 1100 | 5,8 | 89,0 | Получистое и чистое точение и фрезерование углеродистых и легированных сталей |

3 Форма, размеры механически закрепляемых пластин из твердого сплава, СТМ и минералокерамики

Твердые сплавы и минералокерамика используются для инструмента в виде напайных или механически закрепленных пластин.

Создание механически закрепленных многогранных неперетачиваемых пластин позволило сделать качественный скачок в развитии инструмента, состоящий в следующем.

Во-первых, инструменты с механическим креплением многогранных пластин не требуют заточки, так как геометрия инструмента обеспечивается формой пластины и ее соответствующей установкой в корпусе, а после затупления пластина поворачивается новой режущей кромкой.

Таблица 3 - Химический состав, физико-механические свойства и назначение различных марок быстрорежущих сталей

| Марка стали | Массовая доля компонента, % | | | | | | Физико-механические свойства | | | Назначение |
|-------------|-----------------------------|-----|------|-----|-----|-----|---|----------------|--------------------|--|
| | C | Cr | W | Mo | V | Co | прочность на изгиб, $\sigma_{и}$ кг с/мм ² | твёрдость, HRC | теплостойкость, °C | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| P18 | 0,8 | 4,4 | 18,5 | 1,0 | 1,4 | - | 300 | 62 | 625 | Все виды режущего инструмента для обработки обычных конструкционных материалов. |
| P12 | 0,9 | 3,6 | 12,0 | 1,0 | 1,9 | - | 310 | 62 | 625 | То же, что и стали P18, а также для обработки некоторых марок нержавеющей стали. |
| P9 | 0,95 | 4,4 | 9,0 | 1,0 | 2,5 | - | | 62 | | Инструменты простой формы для обработки конструкционных материалов. |
| P6M5 | 0,88 | 4,4 | 6,0 | 5,0 | 2,0 | - | 330 | 63 | 620 | Все виды режущего инструмента, в том числе работающего в условиях ударных нагрузок, для обработки углеродистых конструкционных и нержавеющей сталей. |
| P8M3 | 1,1 | 3,6 | 8,0 | 3,2 | 2,0 | 0,6 | 340 | 63 | 620 | То же, что и стали P6M5. |
| P6M5K5 | 0,84 | 4,0 | 6,0 | 5,0 | 2,0 | 5,1 | 330 | 64 | 625 | Сверла, зенкера, фрезы для обработки углеродистых и легированных сталей при повышенных режимах резания, а также нержавеющей и жаропрочных сталей. |

Продолжение таблицы 3

| | | | | | | | | | | |
|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|----------|------------|--|
| P9M4K80 | 1,0 | 3,4 | 9,0 | 4,1 | 2,2 | 8,0 | | 68 | 640 | Автоматные резцы, фрезы, метчики, сверла, зенкеры, развертки для обработки конструкционных улучшенных сталей (HRC 35-45), аустенитных, жаропрочных и нержавеющей сталей и сплавов. |
| H9K5 P9K10 | 0,9 0,9 | 4,2 4,2 | 9,0 9,0 | 1,0 1,0 | 2,2 2,2 | 5,5 10,0 | 250 210 | 63 63 | 630 630 | Фрезы для черновой и получистовой обработки, долбяки, метчики для обработки на повышенных режимах резания, а так же для обработки труднообрабатываемых сталей. |
| P12Ф3 | 1,0 | 3,8 | 12, 0 | 0,8 | 2,8 | 0,6 | 300 | 63 | 630 | Чистовые и получистовые инструменты, фасонные резцы, развертки, фрезы и т.д. для обработки углеродистых и легированных сталей, вязких аустенитных и жаропрочных сталей и сплавов. |
| P6M5Ф3 | 1,0 | 4,1 | 6,0 | 5,8 | 2,5 | - | 330 | 63 | 625 | То же, что и для стали P12Ф3. |

Таблица 4 - Химический состав, физико-механические свойства и область применения различных марок твердых сплавов

| Марка сплава | Массовая доля компонента в смеси порошков, % | | | | Физико-механические свойства | | | | Назначение |
|-----------------------------|--|-----|-----|----|------------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------------|---|
| | WC | TrC | TaC | Co | $\sigma_{и}$, МПа, не менее | плотность, г/см ³ | теплостойкость, °С | твердость, HRC, не менее | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Вольфрамовая группа сплавов | | | | | | | | | |
| ВК3 | 97 | - | - | - | 1100 | 15,2 | 800 | 89,5 | Чистовое точение, окончательное нарезание резьбы и т.д. при обработке серого чугуна, цветных металлов и их сплавов. |
| ВК3-М | 97 | - | - | 3 | 1100 | 15,2 | 800 | 91,0 | Чистовое точение, растачивание, развертывание, нарезание резьбы при обработке легированных и отбеленных чугунов, цементированных и закаленных сталей, высоко абразивных неметаллических материалов. |
| ВК4 | 96 | - | - | 4 | 1400 | 15,1 | 800 | 89,5 | Черновое точение при неравномерном сечении среза, черновое и чистовое фрезерование, про сверливание, черновое зенкерование отверстий при обработке чугунов, цветных металлов и сплавов, титана и его сплавов. |

Продолжение таблицы 4

| | | | | | | | | | |
|--------|----|---|---|---|------|------|-----|------|--|
| ВК6-М | 94 | - | - | 6 | 1500 | 14,8 | 800 | 88,5 | Черновое и получерновое точение, черновое нарезание резьбы резцами, получистовое фрезерование сплошных поверхностей, рассверливание и растачивание, зенкерование отверстий при обработке серого чугуна, цветных металлов и сплавов. |
| ВК6-ОМ | 94 | - | - | 6 | 1350 | 14,9 | 820 | 90,0 | Получистовая обработка жаропрочных сталей и сплавов, нержавеющей сталей аустенитного класса, специальных твердых чугунов, закаленного чугуна, твердой бронзы, сплавов легких металлов. Обработка закаленных, а также сырых углеродистых и легированных сталей при малых скоростях резания и сечения среза. |
| ВК6-ОМ | 92 | - | 2 | 6 | 1200 | 14,8 | 820 | 80,5 | Чистовое и получистовое точение, растачивание развертывание, нарезание резьбы при обработке твердых легированных и отбеленных чугунов, закаленных сталей и некоторых марок нержавеющей высокопрочных и жаропрочных сталей и сплавов, особенно на основе титана, вольфрама и молибдена. |

Продолжение таблицы 4

| | | | | | | | | | |
|------------------------------------|----|----|---|----|------|------|-----|------|---|
| ВК8 | 92 | - | - | 8 | 1600 | 14,6 | 840 | 87,5 | Черновое точение (в динамических условиях), строгание, черновое фрезерование, сверление, черновое рассверливание и зенкерование серого чугуна, цветных металлов и их сплавов. Обработка нержавеющей, высокопрочных и жаропрочных труднообрабатываемых сталей и сплавов, в том числе и сплавов титана. |
| ВК10-М | 90 | - | - | 10 | 1500 | 14,4 | 840 | 88,0 | Сверление, зенкерование, развертывание и зубофрезерование сталей, чугуна, некоторых труднообрабатываемых материалов целлюлозно-твердосплавным мелкогабаритным инструментом. |
| ВК10-ОМ | 88 | - | 2 | 10 | 1400 | 14,4 | 840 | 88,5 | Черновая и полужирная обработка легированных и отбеленных чугунов, некоторых марок нержавеющей высокопрочных и жаропрочных сплавов и сталей, особенно сплавов на основе титана, вольфрама, молибдена. Изготовление некоторых видов монолитного инструмента. |
| Титано-вольфрамовая группа сплавов | | | | | | | | | |
| Т30К4 | 66 | 30 | - | 4 | 950 | 9,7 | 900 | 92,0 | Чистовое точение с малым сечением среза, нарезание резьбы и развертывание отверстий при обработке незакаленных и закаленных углеродистых сталей. |

Продолжение таблицы 4

| | | | | | | | | | |
|-------|----|----|---|----|------|------|-----|------|--|
| T15K6 | 79 | 15 | - | 6 | 1150 | 11,4 | 870 | 90,0 | Получерновое точение, чистовое точение (прерывистое резание), нарезание резьбы, получистовое и чистовое фрезерование сплошных поверхностей, рассверливание, растачивание, чистовое зенкерование, развертывание при обработке углеродистых и легированных сталей. |
| T14K8 | 78 | 14 | - | 8 | 1250 | 11,4 | 870 | 89,5 | Черновое точение при неравномерном сечении среза и непрерывном резании, получистовое и чистовое точение при прерывистом резании; черновое фрезерование сплошных поверхностей; рассверливание литых и кованных отверстий, черновое зенкерование при обработке углеродистых и легированных сталей. |
| T5K10 | 85 | 5 | - | 10 | 1400 | 12,8 | 880 | 88,5 | Черновое точение (в динамических условиях), фасонное точение, отрезка токарными резцами, чистовое строгание; черновое фрезерование прерывистых поверхностей и другие виды обработки углеродистых и легированных сталей, преимущественно в виде поковок, штамповок и отливок по корке и окалине. |

Продолжение таблицы 4

| | | | | | | | | | |
|--|----|---|---|----|------|------|-----|------|---|
| T5K12 | 83 | 5 | - | 12 | 1650 | 13,4 | 880 | 87,0 | Тяжелое черновое точение стальных поковок, штамповок и отливок по корке с раковинами при наличии песка, шлака и различных неметаллических включений при неравномерном сечении среза и наличии ударов, всех видов строгания углеродистых и легированных сталей, сверления отверстий в стали. |
| Титано-тантало-вольфрамовая группа сплавов | | | | | | | | | |
| TT7K12 | 81 | 4 | 3 | 23 | 1650 | 13,2 | 900 | 87 | То же, что и для марки T5K12 за исключением сверления в стали. Тяжелое черновое фрезерование углеродистых и легированных сталей. |
| TT8K6 | 84 | 8 | 2 | 6 | 1250 | 13,0 | 900 | 90,5 | Непрерывное точение с небольшим сечением среза стального литья высокопрочных нержавеющей сталей, в том числе и закаленных. Обработка сплавов цветных металлов и некоторых марок титановых сплавов (малые и средние сечения среза). Чистовое и получистовое точение, растачивание, фрезерование и сверление чугунов. |
| TT | 82 | 3 | 7 | 8 | 1450 | 13,6 | 900 | 89,0 | Черновая и получистовая обработка некоторых марок труднообрабатываемых материалов, нержавеющей стали аустенитного класса, маломагнитных сталей и жаропрочных сталей и сплавов, в том числе титановых. |

Продолжение таблицы 4

| | | | | | | | | | |
|--------|----|----|----|---|------|------|-----|------|--|
| ТТ14К8 | 78 | 10 | 2 | 8 | 1350 | 13,2 | 950 | 89,0 | Черновое и получистовое точение и фрезерование некоторых марок труднообрабатываемых материалов, нержавеющей сталей аустенитного класса, жаропрочных сталей и сплавов, в том числе титановых. |
| ТТ20К9 | 71 | 8 | 12 | 9 | 1300 | 12,5 | 950 | 89,0 | Фрезерование стали, особенно фрезерование глубоких пазов и других видов обработки, обуславливающих повышенные требования к переменным нагрузкам.. |

Исключение переточки уменьшает время на замену инструмента после затупления, повышает качество инструмента, так как уменьшается возможность появления трещин. Во-вторых, наличие на передней и задней поверхностях корки (получающейся после спекания) на 20-40% повышает стойкость инструмента. В-третьих, отсутствие пайки исключает возможность появления напряжений и микротрещин, что повышает срок службы пластин. В-четвертых, повышается производительность труда за счет повышения режимов резания и сокращения времени на смену и восстановление инструмента. В-пятых, сокращаются потери вольфрама, титана, кобальта за счет вторичного использования твердосплавных пластин, а также снижается расход металла на изготовление корпусов инструментов. В-шестых, появляется возможность эффективного применения для инструментов режущих материалов, которые плохо поддаются пайке (безвольфрамовые твердые сплавы и минералокерамика).

Промышленностью выпускаются цилиндрические пластины, многогранные пластины с числом граней 3, 4, 5, 6, в том числе четырехгранные ромбические и параллелограммные. Кроме того, выпускаются опорные пластины соответствующих форм и накладные стружколомы.

Номенклатура и размеры твердосплавных пластин предусмотрены ГОСТ 19043-80, ГОСТ 19069-80, ГОСТ 24250-80, ГОСТ 24256-80 и приведены на рис. 3.1., 3.1а, форма и размеры пластин из режущей керамики и сверхтвердых материалов приведены в табл. 5, 6.

Основные (габаритные) размеры режущих пластин – вписанный диаметр d , толщина s и радиус вершины r – унифицированы.

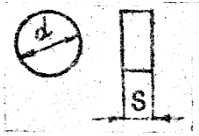
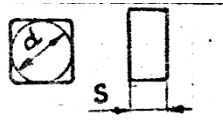

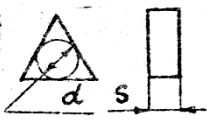
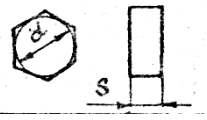
Приняты следующие значения размеров, в мм:

d – 6,35; 9,25; 12,70; 15,875; 19,05; 25,4,

s – 3,18; 4,76; 6,35; 7,94.

r – 0,2; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2,4.

Таблица 5 – Форма и размеры пластин из сверхтвердых материалов (композита)

| Форма пластин | Эскиз | Размеры, мм | | |
|---------------|---|----------------------|---------------------|-------------|
| | | КОМПОЗИТ 01 | КОМПОЗИТ 05 | КОМПОЗИТ 10 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Круглые |  | 3,6x3,18 3,6x2,38 | 7,0x5,0 7,0x3,18 | 8,0x3,97 |
| Квадратные |  | - | 5,56x3,18 | - |
| Ромбические |  | - | 5,56x3,18 | - |
| Треугольные |  | - | 4,76x3,18 | - |
| Шестигранные |  | 2,94x3,2 | 5,54x3,2 | - |

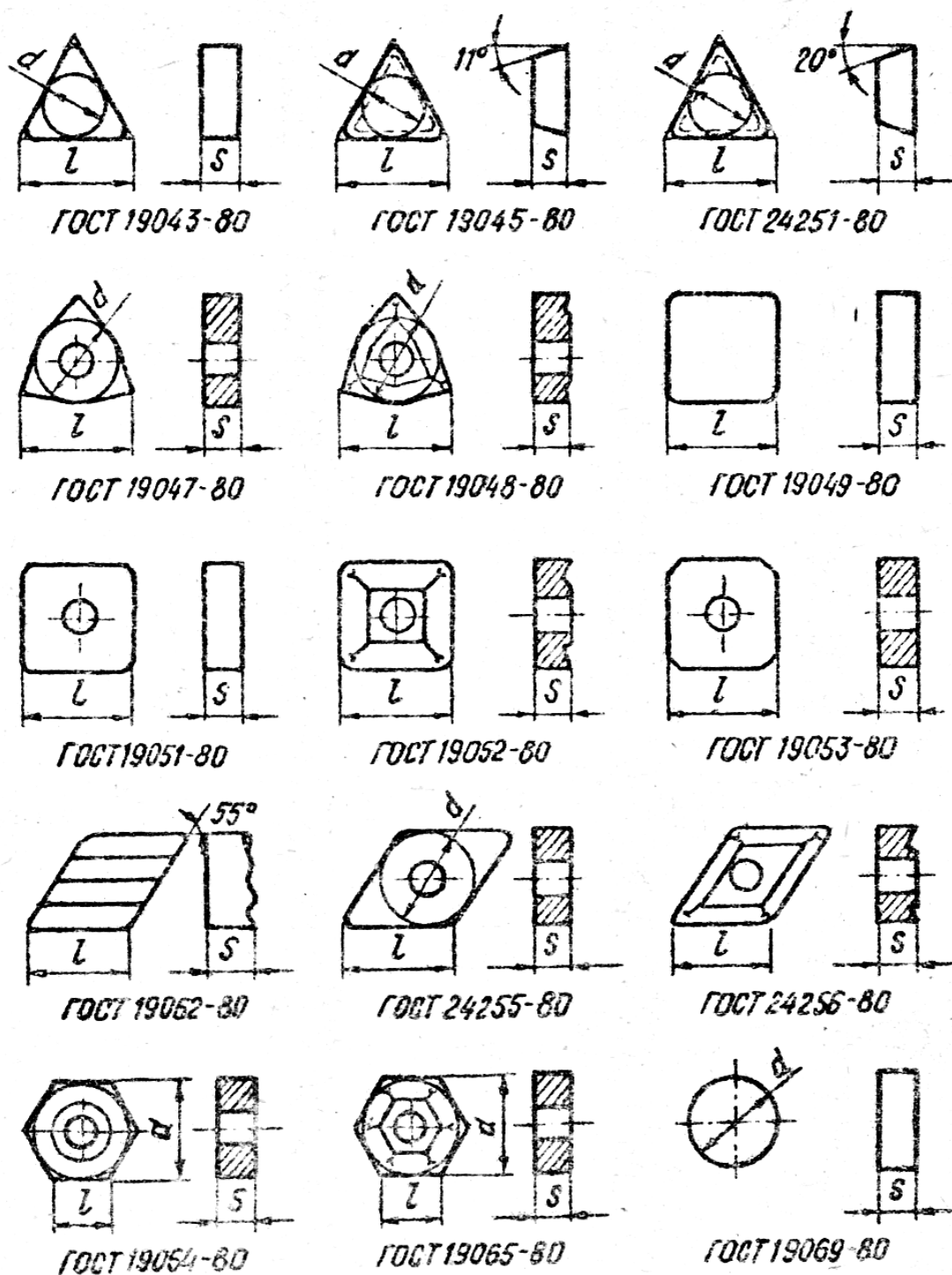


Рисунок 3.1 – Формы многогранных неперетачиваемых пластин из твердого сплава

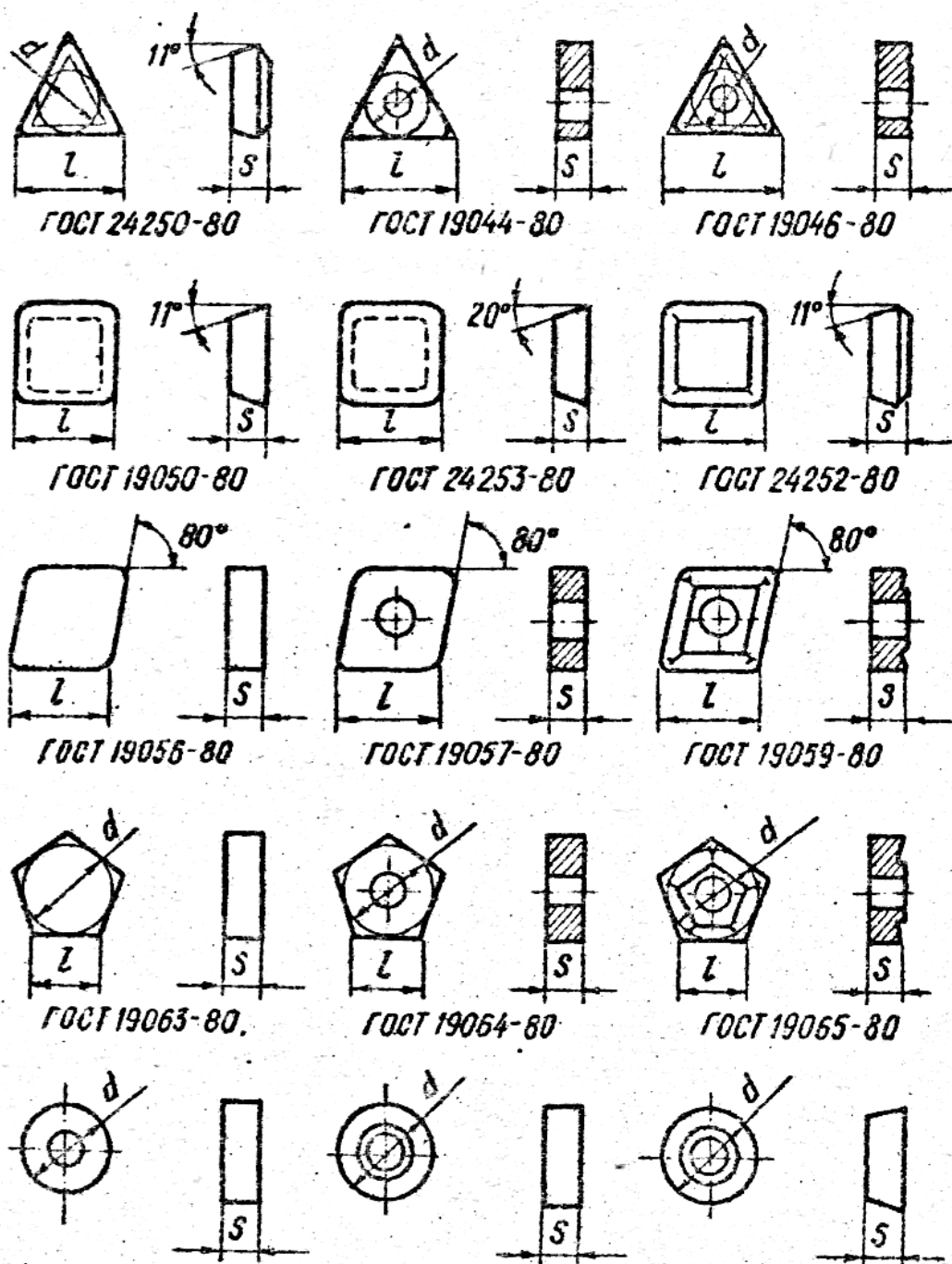
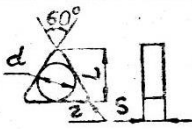
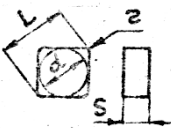
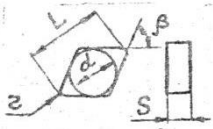
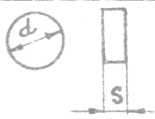


Рисунок 3.1 а – Формы многогранных неперетачиваемых пластин из твердого сплава

Таблица 6 – Форма и размеры пластин из минералокерамики

| Форма | Эскиз | Основные размеры, мм | Область применения |
|--|---|--|---|
| Трехгранная |  | $d = 6,350 \div 12,70$ $L = 8,334 \div 18,256$ $s = 3,17 \div 8,00$ $r = 0,4 \div 3,0$ | Токарные, проходные, подрезные и расточные резцы. |
| Квадратная |  | $d = 9,525 \div 19,050$ $L = 12,153 \div 25,622$ $s = 3,17 \div 8,00$ $r = 0,4 \div 2,5$ | Токарные, проходные и расточные резцы, торцевые фрезы. |
| Ромбическая с углом: $\beta = 80^{\circ}$ $\beta = 75^{\circ}$ |  | $d = 11,785$ $L = 17,03 \div 17,837$ $s = 3,17$ и $4,26$ $r = 0,4 \div 1,2$ $d = 12,700$ $L = 18,314 \div 20,356$ $s = 8,00$ $r = 0,4 \div 2,0$ | Торцевые фрезы и специальные резцы с углом $\varphi = 90^{\circ}$ |
| Круглая |  | $d = 9,525$ и $12,70$ $s = 3,17 \div 8,00$ | Торцевые фрезы и специальные резцы. |

4 Конструкции узлов механического крепления многогранных непортативных пластин (МНП)

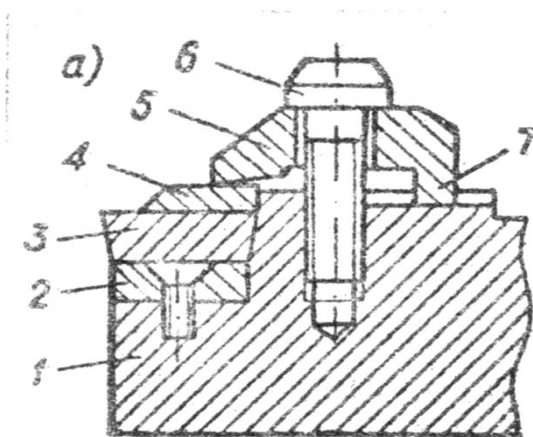


Рисунок 4.1 – Крепление МНП двулучем прижимом

1 – державка; 2 – твердосплавная подкладка; 3 – режущая пластина;
4 – стружколом; 5 – двулучий прижим; 6 – винт; 7 – гнездо

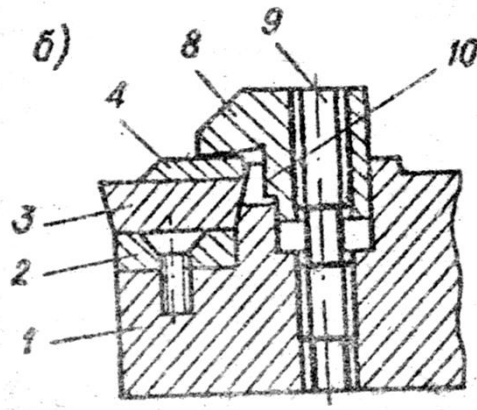


Рисунок 4.2 – Крепление с МНП Г-образным прижимом

1 – державка; 2 – твердосплавная подкладка; 3 – режущая пластина;
4 – стружколом; 5 – прижим; 6 – винт; 7 – выступ

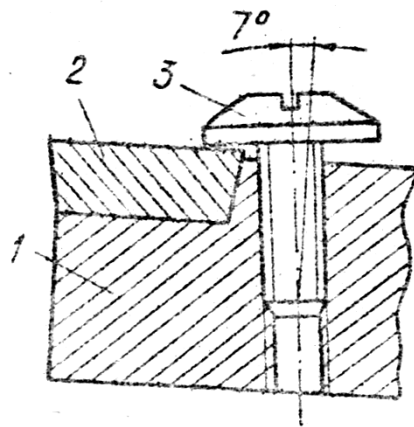


Рисунок 4.3 – Крепление МНП головкой прижимного винта

1 – державка; 2 – режущая пластина; 3 – винт

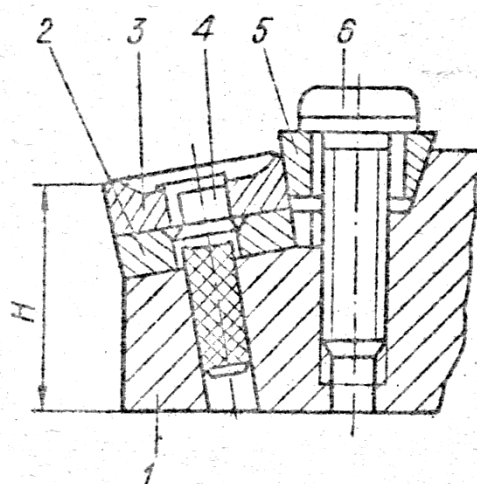


Рисунок 4.4 – Крепление МНП клином

1 – державка; 2 – твердосплавная подкладка; 3 – режущая пластина;
4 – штифт; 5 – клин; 6 – винт

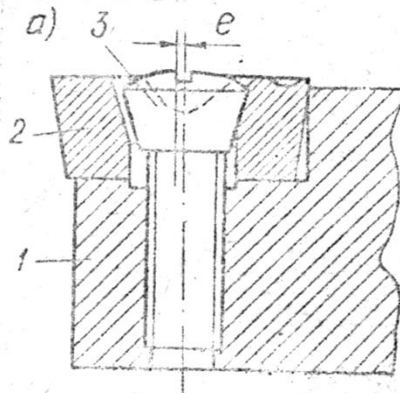


Рисунок 4.5 – Крепление МНП с отверстием одним специальным винтом 1 – державка; 2 – режущая пластина; 3 – зажимной стержень

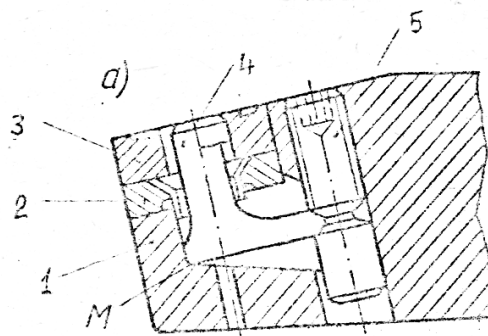


Рисунок 4.6 – Крепление МНП «сапожком»

1 – корпус; 2 – твердосплавная подкладка; 3 – режущая пластина;
4 – сапожок; 5 – винт

5 Выбор режимов резания при точении и фрезеровании

5.1 Выбор режимов резания резцами из различных инструментальных материалов

Таблица 7 – Рекомендации по выбору режимов резания при точении резцами, оснащенными МНП

| Вид обработки | Обрабатываемый материал | Режимы резания | | |
|----------------------|--|----------------|----------|-------------|
| | | v , м/мин | t , мм | s , мм/об |
| Получистовое точение | Углеродистые конструкционные и легированные стали НВ 180-280 | 120-150 | 1,5-3 | 0,3-0,5 |
| | Серые чугуны НВ 180-240 | 90-180 | 2-4 | 0,5-0,8 |
| | Цветные сплавы | 150-200 | 2-4 | 0,5-1,0 |

Продолжение таблицы 7

| | | | | |
|------------------|--|---------|----------|---------|
| Чистовое точение | Углеродистые конструкционные и легированные стали HB 180-280 | 150-300 | 0,20-1,5 | 0,1-0,3 |
| | Серые чугуны HB 180-240 | 130-200 | 0,2-2 | 0,1-0,5 |
| | Цветные сплавы | 200-300 | 0,20-2 | 0,1-0,5 |

Таблица 8 – Рекомендации по выбору марки минералокерамики и режимов резания при точении различных материалов

| Вид обработки | Обрабатываемый материал | Марка керамики | Режимы резания | | |
|----------------------|---------------------------------|--------------------|----------------|---------|-----------|
| | | | v, м/мин | t, мм | s, мм/об |
| Получистовое точение | Закаленные стали, HRC \geq 45 | B3, BOK60 | 70-150 | 0,5-1,0 | 0,08-0,3 |
| | Серый чугун | B3, BOK60 | 150-300 | 0,5-5,0 | 0,1-0,5 |
| | Отбеленный чугун, HB 400-700 | B3, BOK60 BOK63 | 30-70 | 0,5-0,3 | 0,08-0,3 |
| Чистовое точение | Закаленная сталь HRC \geq 45 | B3, BOK60 BOK63 | 100-200 | 0,1-0,3 | 0,05-0,2 |
| | Серый чугун HB 200-400 | B3, BOK60 | 200-400 | 0,1-1,0 | 0,05-0,3 |
| | Отбеленный чугун, HB 400-700 | B3, BOK60 BOK63 | 70-150 | 0,1-0,5 | 0,03-0,15 |

Таблица 9 – Рекомендации по выбору режимов резания для резцов, оснащённых сверхтвёрдыми синтетическими материалами

| Вид обработки | Обрабатываемый материал | Материал инструмента | Режимы резания | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|----------------|----------|-----------|
| | | | v, м/мин | t, мм | s, мм/об |
| Получистовое точение (расточивание) | Углеродистые и легированные стали | Эльбор-Р (01) | 40-80 | 0,5-1,2 | 0,08-0,2 |
| | | Гексанит-Р (10) | 60-100 | 0,5-1,5 | 0,08-0,2 |
| | Серые чугуны HB 200-240 | Композит 05 | 150-250 | 0,5-2 | 0,08-0,2 |
| | | Гексанит-Р (10) | 120-200 | 0,5-2 | 0,08-0,2 |
| | Отбеленные, ковкие чугуны HB 600 | Композит 05 | 80-120 | 0,5-1,2 | 0,06-0,15 |
| | | Гексанит-Р (10) | 80-120 | 0,3-0,8 | 0,06-0,15 |
| Тонкое (чистовое точение) (расточивание) | Углеродистые и легированные стали | Эльбор-Р (01) | 80-180 | 0,05-0,3 | 0,02-0,08 |
| | | Гексанит-Р (10) | 80-150 | 0,05-0,5 | 0,02-0,1 |
| | Серые чугуны HB 200-240 | Композит 05 | 250-500 | 0,05-0,7 | 0,02-0,1 |
| | | Гексанит-Р (10) | 200-400 | 0,05-0,7 | 0,02-0,1 |
| | Отбеленные, ковкие чугуны HB 600 | Композит 05 | 120-250 | 0,05-0,7 | 0,02-0,05 |
| | | Гексанит-Р (10) | 120-250 | 0,05-0,5 | 0,02-0,08 |

5.2 Выбор режимов резания при фрезеровании

Таблица 10 – Выбор режимов резания при фрезеровании деталей из конструкционных сталей и серых чугунов фрезами, с механическим крепление МНП из твердого сплава

| Разновидность фрез | Материал инструмента | Диаметр фрез, мм | Режимы резания | | |
|--------------------|----------------------|------------------|----------------|----------|----------|
| | | | t, мм | s, мм/об | v, м/мин |
| Торцевые | T15K6 | 80-320 | 1,0-5,0 | 0,05-0,3 | 140-320 |
| | T14K8 | | | | |
| | T5K10 | | | | |
| | BK6 | 80-320 | 1,0-7,0 | 0,1-0,3 | 60-140 |
| | BK8 | | | | |
| Концевые | T15K6 | 16-60 | 1,0-3,0 | 0,05-0,2 | 230-80 |
| | T14K8 | | | | |
| | T5K10 | | | | |
| | BK6 | 16-60 | 1,0-5,0 | 1,0-0,3 | 120-60 |
| | BK8 | | | | |
| Дисковые | T15K6 | 100-200 | 2,0-7,0 | 0,04-0,2 | 320-180 |
| | T14K8 | | | | |
| | T5K10 | | | | |
| | BK6 | 100-200 | 2,0-10,0 | 0,1-0,3 | 220-100 |
| | BK8 | | | | |

Таблица 11 – Режимы резания, рекомендуемые при фрезеровании стали с механическим креплением МНП из минералокерамики

| Марка минералокерамики | Обрабатываемый материал | Режимы резания | | |
|------------------------|--|----------------|-----------|---------|
| | | v, м/мин | s, мм/об | t, мм |
| ВОК-60, ВОК-63 | Углеродистые и легированные стали НВ 35-50 | 150-260 | 0,03-0,05 | 0,5-1,0 |
| ВЗ | | 120-180 | 0,02-0,04 | 0,5-1,0 |
| ВШ-75 | | 100-150 | 0,02-0,04 | 0,5-1,0 |
| ВОК-60, ВОК-63 | Серый чугун НВ 190-210 | 350-400 | 0,12-0,15 | 0,5-2,0 |
| ВЗ | | 250-350 | 0,04-0,1 | 0,5-1,5 |
| ВШ-75 | | 250-350 | 0,03-0,08 | 0,5-1,5 |

Таблица 12 – Рекомендуемые режимы резания фрезами, оснащенные композитом 01, 10 и 05

| Марка композита | Обрабатываемый материал и характер фрезерования | Режимы резания | | |
|---|---|----------------|-----------|---------|
| | | v, м/мин | s, мм/об | t, мм |
| Эльбор-Р (К01) Гексанит-Р (К10) Композит 05 | Стали, закаленные до НВ 40-60 получистовое чистовое | 80-200 | 0,07-0,15 | 0,5-1,5 |
| | | 100-300 | 0,01-0,04 | 0,1-0,2 |

| | | | | |
|---------------------------------|---|---------|-----------|-----------|
| Гексанит-Р (К10) Композит 05 | Чугуны серые и высоко- прочные НВ 150-300 получистовое чистовое | 400-600 | 0,07-0,15 | 1,0-2,0 |
| | | 600-800 | 0,01-0,04 | 0,1-0,2 |
| Гексанит-Р (К10) Композит 05 | Чугуны отбеленные, за- каленные до твердости НВ 400-600 получистовое чистовое | 80-150 | 0,07-0,1 | 0,5-1,0 |
| | | 120-250 | 0,01-0,04 | 0,05-0,15 |

6 Расчет силы резания и мощности при точении и фрезеровании

Силы резания и мощность при обработке различных сталей и чугунов резцами и фрезами, оснащенных сверхтвердыми материалами (СТМ) определяют по следующим формулам [3,4]:

$$P_Z = C_{PZ} \cdot t^{X_{PZ}} \cdot S^{Y_{PZ}} \cdot v^{-Z_{PZ}}, \text{ Н} \quad (1)$$

$$P_Y = C_{PY} \cdot t^{X_{PY}} \cdot S^{Y_{PY}} \cdot v^{-Z_{PY}}, \text{ Н} \quad (2)$$

$$P_X = C_{PX} \cdot t^{X_{PX}} \cdot S^{Y_{PX}} \cdot v^{-Z_{PX}}, \text{ Н} \quad (3)$$

Значения коэффициентов и показателей степени приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Коэффициенты и показатели степени для формулы составляющих силы резания при точении

| Марка стали | P_Z | | | | P_Y | | | | P_X | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | C_{PZ} | X_{PZ} | Y_{PZ} | Z_{PZ} | C_{PY} | X_{PY} | Y_{PY} | Z_{PY} | C_{PX} | X_{PX} | Y_{PX} | Z_{PX} |
| Стали 45, 45Х, 30ХГСНА (HRC 44-46) | 960 | 0,9 | 0,75 | 0,3 | 466 | 0,95 | 0,75 | 0,05 | 616 | 1,2 | 0,55 | 0,4 |
| Сталь 40ХН2СМА (HRC 44-46) | 416 | 0,86 | 0,58 | 0,2 | 301 | 0,7 | 0,56 | 0,12 | 143 | 1,0 | 0,4 | 0,15 |
| Стали 6М5 Р6М3, ХВГ, Р18, ШХ15 (HRC 62-65) | 405 | 1,0 | 0,65 | 0,15 | 325 | 0,88 | 0,58 | 0,15 | 159 | 1,1 | 0,5 | 0,15 |

Для определения сил резания при точении серого чугуна полученные значения необходимо умножить на коэффициент $k = 0,5 \div 0,6$.

Мощность резания при точении определяют по формуле (4):

$$N_p = \frac{P_z \cdot v}{620 \cdot 1020}, \text{ кВт} \quad (4)$$

где P_z – сила резания, Н;

v – скорость резания, м/мин.

Мощность, подводимая к станку, определяют по формуле (5):

$$N_{\text{ст}} = \frac{N_p}{\eta_{\text{ст}}}, \text{ кВт} \quad N_{\text{ст}} \leq N_{\text{дв}} \quad (5)$$

где $\eta_{\text{ст}}$ – КПД станка $\approx 0,7-0,8$.

При фрезеровании:

$$P_z = C_{Pz} \cdot t^{X_z} \cdot S^{Y_z} \cdot v^{Z_z}, \text{ Н} \quad (6)$$

$$P_y = C_{Py} \cdot t^{X_y} \cdot S^{Y_y} \cdot v^{Z_y}, \text{ Н} \quad (7)$$

Таблица 14 – Коэффициенты и показатели степени для формул, составляющих силы резания при фрезеровании

| Материал | Твердость | P_z | | | | P_y | | | |
|---|---------------------------|----------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
| | | C_{Pz} | X_z | Y_z | Z_z | C_{Py} | X_y | Y_y | Z_y |
| Стали углеродистые конструкционные и легированные | нетермообработанная сталь | 220 | 0,5 | 0,42 | 0,29 | 73 | 0,63 | 0,71 | 0,29 |
| | HRC35-40 | 1050 | 1,0 | 0,71 | 0,35 | 42 | 0,64 | 0,58 | 0,32 |
| | HRC 42-46 | 620 | 0,47 | 0,37 | 0,16 | 63 | 0,5 | 0,42 | 0,16 |
| | HRC 52-56 | 1580 | 0,67 | 0,42 | 0,06 | 74 | 0,61 | 0,38 | 0,13 |
| | HRC 62-64 | 3800 | 0,73 | 0,42 | 0,03 | 100 | 0,57 | 0,33 | 0,16 |
| Серые чугуны | HB 210-220 | 300 | 0,81 | 0,54 | 0,36 | 8,3 | 0,37 | 0,62 | 0,5 |

Мощность резания при фрезеровании определяют по формулам (4-5).

Литература

1. Режущий инструмент: учебник для вузов / Д.В. Кожевников, В.Л. Гречишников, С.В. Кирсанов и др. М.: Машиностроение, 2005. 528 с.
2. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов / В.И. Баранчиков, А.В. Жаринов, Н.Д. Юдина и др. М.: Машиностроение, 2010. 400 с.
3. Лысанов В.С. Эльбор в машиностроении. Л.: Машиностроение, 2008. 280 с.
4. Коршунов В.Я. Технология сельскохозяйственного машиностроения: практикум. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. 38 с.

Учебное издание

Коршунов Владимир Яковлевич

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
И ИНСТРУМЕНТЫ**

Практикум по выполнению самостоятельных и практических работ
для студентов очной и заочной формы обучения
по направлению подготовки 25.03.06 Агроинженерия
профиль Технический сервис в АПК

Компьютерный набор и вёрстка Коршунов В.Я.

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 31.05.2019 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага печатная. Усл. п. л. 2,09. Тираж 50 экз. Изд. №6395.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ