

Кузьмичев Кирилл Дмитриевич

бакалавр техн. наук, студент

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»

г. Тюмень, Тюменская область

ВЫБОР ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ

Аннотация: в статье исследуются преимущества и недостатки применения определенных инструментальных материалов в процессе обработки резанием, зависимость эффективности и целесообразности их применения от изменения условий резания.

Ключевые слова: процесс резания, инструментальный сплав, литой сплав, износ инструмента, твердосплавный инструмент.

Пользователи режущего инструмента не могут позволить себе игнорировать постоянные изменения и улучшения, которые происходят в области технологии инструментальных материалов. Когда появляется необходимость замены инструмента, перед выбором инструмента для работы необходимо выполнить сравнение производительности. Оптимальный инструмент не обязательно является наименее дорогим или самым дорогим, и это не всегда тот же инструмент, который использовался для работы в прошлый раз. Лучший инструмент – это тот, который был тщательно отобран для быстрого, эффективного и экономичного выполнения работы.

Многие виды инструментальных материалов, от высокоуглеродистой стали до керамики и алмазов, используются в качестве режущих инструментов в современной металлообрабатывающей промышленности. Важно помнить о существовании различий между инструментальными материалами, о природе этих различий и правильности применения каждого типа материала.

Различные производители инструментов присваивают своим продуктам много имен и номеров. Хотя многие из этих имен и номеров могут показаться схожими, применение этих инструментальных материалов может абсолютно

различаться. В большинстве случаев производители инструментов предоставляют инструменты, изготовленные из соответствующего материала для каждого конкретного применения. В некоторых особых случаях оправданным будет материал премиум-класса или более дорогой материал, но это не значит, что самый дорогой инструмент всегда лучший инструмент.

Любой режущий инструмент должен обладать следующими характеристиками:

- а) твердость – способность сопротивляться упругой и пластической деформации;
- б) прочность – способность сопротивляться разрушению при воздействии внешних сил;
- в) износостойкость – способность сохранять форму и размеры в условиях повторяющегося механического взаимодействия с другими телами.

Материалы, из которых изготавливаются режущие инструменты, отличаются особой твердостью и прочностью. Существует широкий спектр инструментальных материалов, доступных для механических операций, их общая классификация и использование представляют особый интерес.

Инструментальные стали

Обычная углеродистая инструментальная сталь является старейшим из инструментальных материалов, насчитывающим сотни лет. Проще говоря, это высокоуглеродистая сталь, которая содержит около 1,05% углерода. Такое высокое содержание углерода позволяет закаливать сталь, обеспечивая большую устойчивость к абразивному износу. Однако, поскольку такая сталь быстро размягчается при относительно низких температурах резания (от 150 до 260 °С), в настоящее время она редко используется в качестве материала для режущего инструмента, за исключением напильников, пил и зубил.

Потребность в инструментальных материалах, способных выдерживать повышенную скорость резания и температуру, привела к разработке высокоскоростной инструментальной (быстрорежущей) стали. Основное различие между быстрорежущей и простой высокоуглеродистой сталью заключается в

добавлении легирующих элементов для затвердения и упрочнения стали и повышения ее устойчивости к нагреву.

Среди часто используемых легирующих элементов встречаются такие, как марганец, хром, вольфрам, ванадий, молибден, кобальт и ниобий. Каждый из этих элементов добавляет определенную характеристику, такую как способность глубокого отверждения, высокую твердость в горячем состоянии, стойкость к абразивному износу и прочность. Данные характеристики обеспечивают относительно большую скорость обработки и повышенную производительность по сравнению с обычной высокоуглеродистой сталью.

Некоторые из быстрорежущих сталей могут быть доступны в виде порошкообразного металла. Разница между порошкообразными и обычными металлами заключается в способе их изготовления. Большинство обычных быстрорежущих сталей разливают в слитки, а затем, в горячем или холодном виде, обрабатывают до желаемой формы. Порошковый же металл в точности соответствует названию. В основном те же самые элементы, которые используются в обычной быстрорежущей стали, готовятся в очень тонко измельченной форме. Эти порошкообразные элементы тщательно смешивают друг с другом, прессуют в матрице под очень высоким давлением и затем спекают в печи с определенной контролируемой атмосферой.

При этом поверхность быстрорежущей стали обязательно обрабатывается: многие виды обработки поверхности были разработаны с целью продления срока службы инструмента, снижения энергопотребления и контроля других факторов, влияющих на условия эксплуатации и затраты. Некоторые из этих методов использовались в течение многих лет и оправдали свое применение. Например, черные оксидные покрытия, которые обычно наносят на сверлах и метчиках, помогают снизить величину нароста на инструменте. Черный оксид – это в основном «грязная» поверхность, которая препятствует образованию нароста на режущем инструменте.

Одной из последних разработок в области покрытий быстрорежущих сталей является покрытие нитридом титана методом физического осаждения из паровой

фазы. Нитрид титана осаждается на поверхности инструмента в одном из нескольких различных типов печей при относительно низкой температуре, что не оказывает существенного влияния на твердость инструмента, на который наносится покрытие. Известно, что это покрытие значительно продлевает срок службы режущего инструмента или позволяет использовать инструмент при более высоких рабочих скоростях. При этом срок службы инструмента может быть увеличен в три раза, или рабочие скорости могут быть увеличены до 50%.

Литые сплавы

Хорошо изучив свойства легирующих элементов в быстрорежущих сталях, металлурги разработали семейство материалов без использования железа.

Типичным составом для этого семейства был сплав из 45% кобальта, 32% хрома, 21% вольфрама и 2% углерода. Целью было получить режущий инструмент с горячей твердостью, превосходящей быстрорежущие стали.

При применении инструментов из литого сплава следует учитывать их хрупкость и, соответственно, не перегружать инструмент. Но, несмотря на свою хрупкость, литые сплавы имеют высокую стойкость к истиранию и, следовательно, полезны для резки чешуйчатых материалов или материалов с твердыми включениями.

Цементированный карбид вольфрама

Анри Муассан открыл карбид вольфрама в 1893 году во время поиска способа изготовления искусственных алмазов. Смешивая сахар и оксид вольфрама, он плавил субкарбид вольфрама в дуговой печи. Обугленный сахар восстанавливал оксид и науглероживал вольфрам. Муассан установил, что карбид вольфрама был чрезвычайно твердым, приближаясь к твердости алмаза и превышая твердость сапфира. Карбид вольфрама был более чем в 16 раз тяжелее воды, при этом материал оказался чрезвычайно хрупким и серьезно ограничен в своем промышленном применении.

Промышленно карбид вольфрама с 6% связующего кобальта был впервые произведен и реализован в Германии в 1926 году. Производство этого же карбида началось в США в 1928 году и в Канаде в 1930 году.

В это время твердые карбиды состояли из базовой системы карбида вольфрама с кобальтовыми связующими. Эти карбиды показали превосходную производительность при обработке чугуна, цветных и неметаллических материалов, но не справлялись с обработкой стали.

Большинство последующих разработок в области твердых карбидов были модификациями оригинальных патентов, в основном включающими замену части или всего карбида вольфрама другими карбидами, особенно карбидом титана и/или карбидом тантала. Это привело к разработке современных многокарбидных режущих материалов, обеспечивающих высокую скорость обработки стали.

С разработкой цементированных карбидов были сделаны новые открытия, обеспечивающие возможность применения более высоких скоростей обработки. От применяемых ранее инструментальных материалов постепенно отказывались, поскольку их свойства в значительной степени зависели от вида используемой термической обработки, потому как эти свойства разрушались при больших температурах нагрева.

У цементированных карбидов совершенно другой набор условий применения. Твердость такого карбида выше твердости большинства других инструментальных материалов при комнатной температуре, и при этом он способен в большей степени сохранять свою твердость при повышенных температурах, что позволяет поддерживать большие скорости обработки.

Производство карбидных изделий.

Термин «карбид вольфрама» описывает обширное семейство твердосплавных составов, используемых для металлорежущих инструментов, штампов различных типов и изнашиваемых деталей. Как правило, эти материалы состоят из карбидов вольфрама с добавлением титана, тантала или некоторых их комбинаций, спеченных или сцементированных в матричном связующем.

1. Процесс смешивания.

Первой операцией после восстановления порошка металлического вольфрама является измельчение вольфрама и углерода перед операцией науглероживания. Здесь 94 весовых части вольфрама и шесть весовых частей углерода –

обычно добавляемого в виде ламповой сажи – смешиваются во вращающемся смесителе или шаровой мельнице. Эта операция должна выполняться в тщательно контролируемых условиях, чтобы обеспечить оптимальную дисперсию углерода в вольфраме.

Для обеспечения необходимой прочности, к вольфраму в виде порошка добавляют связующий агент, обычно кобальт, и эти два шарика измельчают вместе в течение нескольких дней, чтобы сформировать максимально однородную смесь. Для получения равномерного однородного продукта должен осуществляться тщательный контроль условий, вплоть до времени проведения операций.

2. Процесс уплотнения.

Уплотнение может производиться несколькими способами, наиболее распространенный из которых способ уплотнения порошков, включающий использование матрицы, изготовленной в соответствии с формой желаемого продукта. Размер матрицы должен быть больше размера конечного продукта, чтобы обеспечить размерную усадку, которая имеет место в конечной операции спекания. Эти матрицы довольно дорогие и обычно изготавливаются из карбида вольфрама. Следовательно, требуется достаточное количество конечного продукта, чтобы оправдать затраты, связанные с изготовлением конкретной матрицы.

Если количество продукта невелико, можно спрессовать более крупный брикет или заготовку, затем эту заготовку можно разрезать (обычно после предварительного спекания) на более мелкие блоки и придать ей форму или предварительно отформовать до требуемой конфигурации, и, опять же, необходимо учесть усадку.

Второй метод прессования – горячее прессование порошков в графитовых штампах при температуре спекания. После охлаждения деталь достигает максимальной твердости. Поскольку графитовые штампы являются одноразовыми, эта система обычно используется только тогда, когда деталь, которая должна быть изготовлена, слишком велика для холодного прессования и спекания.

Третий метод прессования, обычно используемый для крупных деталей, – это изостатическое прессование. Порошки суспендируют в жидкости в

закрытом сосуде под давлением. Давление в жидкости повышается до точки, где порошки достигают необходимой степени уплотнения. Данный метод предпочтителен для прессования больших частей, потому что давление, оказываемое на порошки, действует одинаково со всех сторон, что приводит к достижению однородной плотности.

3. Спекание.

Кобальтовый пресс нагревается в атмосфере водорода или в вакуумной печи при температуре от 1370 до 1590 °С, в зависимости от состава. Время и температура тщательно регулируются в комбинации, чтобы обеспечить оптимальный контроль над свойствами и геометрией. Спрессованный порошок уменьшится приблизительно на 16% по линейным размерам или на 40% по объему. Точная величина усадки зависит от нескольких факторов, включая размер частиц и состав порошков. Контроль размера и формы является наиболее важным и наименее предсказуемым во время цикла охлаждения. Это особенно заметно при спекании марок цементированных карбидов с более высоким содержанием кобальта.

Кобальт, имеющий меньшую плотность, чем вольфрам, займет большую часть объема, чем было бы указано в номинальном содержании кобальта в марке. И, поскольку содержание кобальта, как правило, составляет гораздо более высокий процент массы в жидкой фазе, требуется чрезвычайная осторожность для контроля, а также точного прогнозирования величины и направления усадки.

Классификация твердосплавных инструментов.

Изделия из цементированного карбида подразделяются на три основные категории:

1) изделия по степени износа используются в основном в штампах, направляющих станков и инструментов, а также в повседневных предметах, таких как линейные направляющие на удочках и катушках. Используется везде, где требуется хорошая износостойкость;

2) изделия по степени ударного воздействия также используются для штампов, особенно для штамповки и формовки, а также в таких инструментах, как буровые головки.

3) изделия по классу режущего инструмента: марки режущего инструмента из цементированных карбидов делятся на две группы, в зависимости от их основного применения. Если карбид предназначен для использования на чугунах, который является непластичным материалом, он классифицируется как чугунный карбид. Если он используется для резки стали, пластичного материала, он классифицируется как стальной карбид.

Чугунные карбиды должны быть более устойчивыми к абразивному износу. Высокая абразивность чугуна вызывает в основном износ кромок инструмента. Причиной является стружка, которая проходит через инструмент с более высокими скоростями резания. Стальные карбиды требуют большей устойчивости к нагреву

Таким образом, можно сказать, что характеристики износа инструмента для различных металлов сильно варьируются, поэтому к выбору инструмента и сравнению его производительности следует подходить с большой тщательностью, учитывая его различные свойства.

Список литературы

1. Резание конструкционных материалов, режущие инструменты и станки / под ред. проф. П.Г. Петрухи. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1974. – 616 с.

2. Металлорежущие инструменты: учебник для вузов / Г.Н. Сахаров, О.Б. Арбузов, Ю.Л. Боровой [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.

3. Справочник инструментальщика / под общ. ред. И.А. Ординарцева. – Ленинград: Машиностроение, 1987. – 846 с.

4. Schneider, G. Cutting Tool Applications, Chapter 1: Cutting Tool Materials / G. Schneider. – American Machinist: [б.и.], 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.americanmachinist.com/cutting-tools/media-gallery/21893840/cutting-tool-applications-chapter-1-cutting-tool-materials>