ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение среднего профессионального образования Ленинградской области

Тихвинский промышленно-технологический техникум

имени Лебедева

Специальность: «Технология машиностроения»

**Реферат**

**Твердые и сверхтвердые сплавы**

Петров Сергей Игоревич

Тихвин 2010 г.

## Содержание

1. Типы твёрдых и сверхтвердых сплавов
2. Свойства твёрдых сплавов
3. Спечённые твёрдые сплавы
4. Литые твёрдые сплавы
5. Применение и разработки

Список литературы

## Типы твёрдых и сверхтвердых сплавов

Твёрдые сплавы — твёрдые и износостойкие металлические материалы, способные сохранять эти свойства при 900-1150°С. Твердые сплавы известны человеку уже около 100 лет. В основном изготовляются на основе карбидов вольфрама, титана, тантала, хрома при различном содержании кобальта или никеля. Различают спечённые и литые твёрдые сплавы. Основой всех твёрдых сплавов являются прочные карбиды металлов, не разлагающиеся и не растворяющиеся при высоких температурах. Особенно важны для твёрдых сплавов карбиды вольфрама, титана, хрома, частично марганца. Карбиды металлов слишком хрупки и часто тугоплавки, поэтому для образования твёрдого сплава зёрна карбидов связываются подходящим металлом; в качестве связки используются железо, никель, кобальт.

### Спечённые твёрдые сплавы

### Композиционные материалы, состоящие из металлоподобного соединения, цементированного металлом или сплавом. Их основой чаще всего являются карбиды вольфрама или титана, сложные карбиды вольфрама и титана (часто также и тантала), карбонитрид титана, реже — другие карбиды, бориды и т. п. В качестве матрицы для удержания зерен твердого материала в изделии применяют так называемую «связку» — металл или сплав. Обычно в качестве «связки» используют кобальт (кобальт является нейтральным элементом по отношению к углероду, он не образует карбиды и не разрушает карбиды других элементов), реже — никель, его сплав с молибденом (никель-молибденовая связка).

Главной особенностью спеченных твердых сплавов является то, что изделия из них получают методами порошковой металлургии и они поддаются только обработке шлифованием или физико-химическим методам обработки (лазер, ультразвук, травление в кислотах и др), а литые твердые сплавы предназначены для наплавки на оснащаемый инструмент и проходят не только механическую, но часто и термическую обработку (закалка, отжиг, старение и др). Порошковые твердые сплавы закрепляются на оснащаемом инструменте методами пайки или механическим закреплением.

### Литые твёрдые сплавы

### Литые твёрдые сплавы получают методом плавки и литья.

Инструменты, оснащенные твердым сплавом, хорошо сопротивляются истиранию сходящей стружкой и материалом заготовки и не теряют своих режущих свойств при температуре нагрева до 750-1100 °С.

Установлено что твердосплавным инструментом, имеющим в своем составе килограмм вольфрама, можно обработать в 5 раз больше материала, чем инструментом из быстрорежущей стали с тем же содержанием вольфрама.

Недостатком твердых сплавов, по сравнению с быстрорежущей сталью, является их повышенная хрупкость, которая возрастает с уменьшением содержания кобальта в сплаве. Скорости резания инструментами, оснащенными твердыми сплавами, в 3-4 раза превосходят скорости резания инструментами из быстрорежущей стали. Твердосплавные инструменты пригодны для обработки закаленных сталей и таких неметаллических материалов, как стекло, фарфор и т. п.

Сверхтвёрдые материалы — группа веществ, обладающих высочайшей твердостью, к которой относят материалы, твёрдость и износоустойчивость которых превышает твёрдость и износоустойчивость твёрдых сплавов на основе карбидов вольфрама и титана с кобальтовой связкой карбидотитановых сплавов на никель-молибденовой связке. Широко применяемые сверхтвердые материалы: электрокорунд, оксид циркония, карбид кремния, карбид бора, боразон, диборид рения, алмаз. Сверхтвёрдые материалы часто применяются в качестве материалов для абразивной обработки.

В последние годы пристальное внимание современной промышленности направлено к изысканию новых типов сверхтвёрдых материалов и ассимиляции таких материалов, как нитрид углерода, сплав бор-углерод-кремний, нитрид кремния, сплав карбид титана-карбид скандия, сплавы боридов и карбидов подгруппы титана с карбидами и боридами лантаноидов.

### Свойства твёрдых сплавов

Металлокерамические сплавы в зависимости от содержания в них карбидов вольфрама, титана, тантала и кобальта приобретают различные физико-механические свойства. По этой причине твердые сплавы представлены в трех группах: вольфрамовой, титановольфрамовой и титанотанталовольфрамовой. В обозначении марок сплавов используются буквы: В - карбид вольфрама, К - кобальт, первая буква Т - карбид титана, вторая буква Т - карбид тантала. Цифры после букв указывают примерное содержание компонентов в процентах. Остальное в сплаве (до 100%) - карбид вольфрама. Буквы в конце марки означают: В - крупнозернистую структуру, М - мелкозернистую, ОМ - особомелкозернистую. Промышленностью выпускаются три группы твердых сплавов: вольфрамовые - ВК, титановольфрамовые - ТК и титанотанталовольфрамовые - ТТК.

Твердые сплавы состава WC-Co (WC-Ni) характеризуются сочетанием высоких значений прочности, модуля упругости, остаточной деформации с высокой тепло- и электропроводностью (стойкость этих сплавов к окислению и коррозии незначительна); твердые сплавы состава TiC-WC-Co в сравнении с первой группой сплавов обладают меньшей прочностью и модулем упругости, однако превосходят их по стойкости к окислению, твердости и жаропрочности; твердые сплавы состава TiC-TaC-WC-Co характеризуются высокой прочностью, вязкостью и твердостью; безвольфрамовые твердые сплавы обладают наибольшим коэффициентом термического расширения, наименьшей плотностью и теплопроводностью.

Характерными признаками, определяющими режущие свойства твердых сплавов, являются высокая твердость, износостойкость и красностойкость до 1000°C. Вместе с тем эти сплавы обладают меньшей вязкостью и теплопроводностью по сравнению с быстрорежущей сталью, что следует учитывать при их эксплуатации.

При выборе твердых сплавов необходимо руководствоваться следующими рекомендациями.

Вольфрамовые сплавы (ВК), по сравнению с титановольфрамовыми (ТК), обладают при резании меньшей температурой свариваемости со сталью, поэтому их применяют преимущественно для обработки чугуна, цветных металлов и неметаллических материалов.

Сплавы группы ТК предназначены для обработки сталей.

Титанотанталовольфрамовые сплавы, обладая повышенной точностью и вязкостью, применяются для обработки стальных поковок, отливок при неблагоприятных условиях работы.

Для тонкого и чистового точения с малым сечением стружки следует выбирать сплавы с меньшим количеством кобальта и мелкозернистой структурой.

Черновая и чистовая обработки при непрерывном резании выполняются основном сплавами со средним содержанием кобальта.

При тяжелых условиях резания и черновой обработке с ударной нагрузкой следует применять сплавы с большим содержанием кобальта и крупнозернистой структурой.

В последнее время появилась новая безвольфрамовая группа твердых сплавов, в которой карбид вольфрама заменен карбидом титана, а в качестве связки используются никель и молибден (ТН-20, ТН-30). Эти сплавы имеют несколько сниженную прочность против вольфрамовых, но обеспечивают получение положительных результатов при получистовой обработке вязких металлов, меди, никеля и др.

**Различают два вида** порошкообразных продуктов для наплавки: вольфрамовые и не содержащие вольфрама. Вольфрамовый продукт представляет собой смесь порошкообразного технического вольфрама или высокопроцентного ферровольфрама с науглероживающими материалами. Советский сплав этого типа носит название вокар. Изготовляются подобные сплавы следующим образом: порошкообразный технический вольфрам или высокопроцентный ферровольфрам смешивается с такими материалами, как сажа, молотый кокс и т. п., полученная смесь замешивается в густую пасту на смоле или сахарной патоке. Из смеси прессуют брикеты и слегка их обжигают до удаления летучих веществ. После обжига брикеты размалывают и просеивают. Готовый продукт имеет вид чёрных хрупких крупинок величиной 1—3 мм. Характерным признаком вольфрамовых продуктов является их высокий насыпной вес.

В Советском Союзе изобретен порошкообразный сплав, не содержащий вольфрама и потому весьма дешёвый. Сплав носит название сталинит и имеет весьма широкое распространение в нашей промышленности. Многолетняя практика показала, что, несмотря на отсутствие вольфрама, сталинит обладает высокими механическими показателями, во многих случаях удовлетворяющими техническим требованиям. Кроме того, благодаря низкой температуре плавления 1300—1350° сталинит обладает существенным преимуществом перед вольфрамовым продуктом, который расплавляется лишь при температуре около 2700°. Низкая температура плавления сталинита облегчает наплавку, повышает производительность наплавки и является существенным техническим преимуществом сталинита.

Основой сталинита является смесь порошкообразных дешёвых ферросплавов, феррохрома и ферромарганца. Процесс изготовления сталинита такой же, как и вольфрамовых продуктов. Сталинит содержит от 16 до 20% хрома и от 13 до 17% марганца. Твёрдость наплавки по Роквеллу для вокара 80—82, для сталинита 76—78.

Наплавка сталинита производится угольной дугой по способу Бенардоса . Газовая горелка мало пригодна для наплавки, так как газовое пламя сдувает порошок с Места наплавки. Деталь, подлежащая наплавке, подогревается до начала красного каления, после чего на поверхность детали насыпается сталинит равномерным слоем толщиной 2—3 мм. Для получения правильных краёв и граней наплавки применяются специальные шаблоны и ограничители из красной меди, графита или угля. На насыпанном слое зажигается угольная дуга постоянного тока нормальной полярности при силе тока 150—200 а. Наплавку ведут непрерывно без обрывов дуги и по возможности без повторного расплавления наплавленного слоя.

Ввиду довольно значительного расплавления основного металла угольной дугой первый слой наплавки не обеспечивает необходимых свойств и обладает недостаточной твёрдостью, поэтому наплавку сталинита ведут в два, а иногда и в три слоя. По окончании наплавки слоя, не давая ему остыть, на него насыпают новый слой сталинита и производят наплавку. По окончании наплавки детали нужно дать замедленное охлаждение во избежание образования трещин в наплавленном слое, для чего горячую деталь помещают в золу, сухой песок, хлопья асбеста, слюды и т. п.

### Спечённые твёрдые сплавы

#### Получение твердых сплавов методом порошковой металлургии

Производство металлокерамических твердых сплавов относится к области порошковой металлургии. Порошки карбидов смешивают с порошком кобальта. Из этой смеси прессуют изделия требуемой формы и затем подвергают спеканию при температуре, близкой к температуре плавления кобальта. Так изготовляют пластинки твердого сплава различных размеров и форм, которыми оснащаются резцы, фрезы, сверла, зенкеры, развертки и др. Пластинки твердого сплава крепят к державке или корпусу напайкой или механически при помощи винтов и прижимов. Наряду с этим в машиностроительной промышленности применяют мелкоразмерные, монолитные твердосплавные инструменты, состоящие из твердых сплавов. Их изготовляют из пластифицированных заготовок. В качестве пластификатора в порошок твердого сплава вводят парафин до 7-9 %. Из пластифицированных сплавов прессуют простые по форме заготовки, которые легко обрабатываются обычным режущим инструментом. После механической обработки заготовки спекают, а затем шлифуют и затачивают. Из пластифицированного сплава заготовки монолитных инструментов могут быть получены путем мундштучного прессования. В этом случае спрессованные твердосплавные брикеты помещают в специальный контейнер с твердосплавным профилированным мундштуком. При продавливании через отверстие мундштука изделие принимает требуемую форму и подвергается спеканию. По такой технологии изготовляют мелкие сверла, зенкеры, развертки и т. п. Монолитный твердосплавный инструмент может также изготовляться из окончательно спеченных твердосплавных цилиндрических заготовок с последующим вышлифовыванием профиля алмазными кругами.

1. Получение порошков карбидов и кобальта методом восстановления из оксидов.
2. Измельчение порошков карбидов и кобальта (производится на шаровых мельницах в течение 2-3 суток) до 1-2 микрон.
3. Просеивание и повторное измельчение при необходимости.
4. Приготовление смеси (порошки смешивают в количествах, соответствующих химическому составу изготавливаемого сплава).
5. Холодное прессование (в смесь добавляют органический клей для временного сохранения формы).
6. Спекание под нагрузкой (горячее прессование) при 1400 °C (при 800—850°С клей сгорает без остатка). При 1400 °C кобальт плавится и смачивает порошки карбидов, при последующем охлаждении кобальт кристаллизуется, соединяя между собой частицы карбидов.

#### Номенклатура спеченных твердых сплавов

В России и бывшем СССР для обработки металлов резанием применяются следующие спеченные твердые сплавы

Российские спечённые твёрдые сплавы, применяемые в современной мировой промышленности**:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Марка****сплава** | **WC %** | **TiC %** | **TaC %** | **Co %** | **Прочность на изгиб (σ), МПа** | **Твёрдость, HRA** | **Плотность (ρ), г/см3** | **Теплопроводность (λ), Вт/(м·°С)** | **Модуль Юнга (Е), ГПа** |
| ВК2 | 98 | — | — | 2 | 1200 | 91,5 | 15,1 | 51 | 645 |
| ВК3 | 97 | — | — | 3 | 1200 | 89,5 | 15,3 | 50,2 | 643 |
| ВК3-М | 97 | — | — | 4 | 1550 | 91 | 15,3 | 50,2 | 638 |
| ВК4 | 96 | — | — | 4 | 1500 | 89,5 | 14,9-15,2 | 50,3 | 637,5 |
| ВК4-В | 96 | — | — | 4 | 1550 | 88 | 15,2 | 50,7 | 628 |
| ВК6 | 94 | — | — | 6 | 1550 | 88,5 | 15 | 62,8 | 633 |
| ВК6-М | 94 | — | — | 6 | 1450 | 90 | 15,1 | 67 | 632 |
| ВК6-ОМ | 94 | — | 2 | 6 | 1300 | 90,5 | 15 | 69 | 632 |
| ВК8 | 92 | — | — | 8 | 1700 | 87,5 | 14,8 | 50,2 | 598 |
| ВК8-В | 92 | — | — | 8 | 1750 | 89 | 14,8 | 50,4 | 598,5 |
| ВК10 | 90 | — | — | 10 | 1800 | 87 | 14,6 | 67 | 574 |
| ВК10-ОМ | 90 | — | — | 10 | 1500 | 88,5 | 14,6 | 70 | 574 |
| ВК15 | 85 | — | — | 15 | 1900 | 86 | 14,1 | 74 | 559 |
| ВК20 | 80 | — | — | 20 | 2000 | 84,5 | 13,8 | 81 | 546 |
| ВК25 | 75 | — | — | 25 | 2150 | 83 | 13,1 | 83 | 540 |
| ВК30 | 70 | — | — | 30 | 2400 | 81,5 | 12,7 | 85 | 533 |
| Т5К10 | 85 | 6 | — | 9 | 1450 | 88,5 | 13,1 | 20,9 | 549 |
| Т5К12 | 83 | 5 | — | 12 | 1700 | 87 | 13,5 | 21 | 549,3 |
| Т14К8 | 78 | 14 | — | 8 | 1300 | 89,5 | 11,6 | 16,7 | 520 |
| Т15К6 | 79 | 15 | — | 6 | 1200 | 90 | 11,5 | 12,6 | 522 |
| Т30К4 | 66 | 30 | — | 4 | 1000 | 92 | 9,8 | 12,57 | 422 |
| ТТ7К12 | 81 | 4 | 3 | 12 | 1700 | 87 | 13,3 |  |  |
| ТТ8К6 | 84 | 8 | 2 | 6 | 1350 | 90,5 | 13,3 |  |  |
| ТТ10К8-Б | 82 | 3 | 7 | 8 | 1650 | 89 | 13,8 |  |  |
| ТТ20К9 | 67 | 9,4 | 14,1 | 9,5 | 1500 | 91 | 12,5 |  |  |
| ТН-20 | — | 79 | (Ni15%) | (Mo6%) | 1000 | 89,5 | 5,8 |  |  |
| ТН-30 | — | 69 | (Ni23%) | (Mo29%) | 1100 | 88,5 | 6 |  |  |
| ТН-50 | — | 61 | (Ni29%) | (Mo10%) | 1150 | 87 | 6,2 |  |  |

### Литые твёрдые сплавы

### Литые твёрдые сплавы получают методом плавки и литья

Литые (наплавочные) твердые сплавы применяются для наплавки (покрытия) в расплавленном состоянии (с помощью газа или дуги) рабочих поверхностей быстроизнашивающихся деталей машин, приспособлений, инструментов с целью повышения их износоустойчивости и коррозийной стойкости.

Литые сплавы получаются в виде прутков диаметром 5- 7 мм, длиной 200-300 мм, которые затем при помощи газа наплавляются на режущие кромки или поверхности деталей, подвергающихся износу.

К этой группе относятся стеллиты и стеллитоподобные сплавы. Стеллиты представляют собой сплавы кобальта с содержанием вольфрама, хрома и углерода. В стеллитоподобных сплавах кобальт заменен железом, а вольфрам отсутствует.

Наплавка твёрдых сплавов производится преимущественно газовой ацетилено-кислородной горелкой и ведётся, как правило, в два, а иногда и в три слоя. Необходимость многослойной наплавки диктуется следующим: при наложении первого слоя наплавка представляет собой сплав твёрдого сплава с расплавленным основным металлом, поэтому такой сплав обладает пониженными твёрдостью и износоустойчивостью и не обеспечивает получения механических свойств чистого твёрдого сплава. Поэтому первый наплавленный слой обычно не может служить рабочей поверхностью, а является лишь подкладкой для нанесения второго слоя, который будет представлять собой почти чистый твёрдый сплав и обладать необходимыми механическими свойствами. В некоторых особо ответственных случаях прибегают к наплавке третьего слоя, представляющего собой практически уже чистый переплавленный твёрдый сплав.

Электродные сплавы представляют собой куски электродной проволоки, обмазанные специальными легирующими обмазками. Эти сплавы наплавляются с помощью электродуги.

Подобные электроды дают удовлетворительную наплавку в тех случаях, когда не предъявляется высоких требований к твёрдости и износостойкости наплавленного слоя.

## Применение и разработки

Применение. В современной технике получают широкое распространение и быстро совершенствуются твёрдые Сплавы. Развитие техники применения твёрдых сплавов идёт по двум направлениям: с одной стороны, совершенствуются и улучшаются составы твёрдых сплавов и технология их производства, с другой стороны, совершенствуется техника нанесения твёрдых сплавов на изделия.

Твердые сплавы ввиду своей высокой твердости применяются в следующих областях:

* Обработка резанием конструкционных материалов: резцы, фрезы, сверла, протяжки и прочий инструмент.

* Оснащение измерительного инструмента: оснащение точных поверхностей микрометрического оборудования и опор весов.

* Клеймение: оснащение рабочей части клейм

* Волочение: оснащение рабочей части волок

* Штамповка: оснащение штампов и матриц (вырубных, выдавливания и проч.).

* Горнодобывающее оборудование: напайка спеченных и наплавка литых твердых сплавов.

* Производство износостойких подшипников: шарики, ролики, обоймы и напыление на сталь

* Рудообрабатывающее оборудование: оснащение рабочих поверхностей

Появление инструмента из твердых сплавов сопровождалось значительным повышением производительности труда при металлообработке за счет более высокой теплостойкости и сопротивляемости износу, позволяющих работать на скоростях резания, в 3-5 раз превышающих скорости резания для инструмента из быстрорежущих сталей.

Использование самых современных твердосплавных материалов, совершенствование технологии изготовления инструментов, методов их шлифовки и заточки, в том числе с применением алмазного инструмента, электрофизических и электрохимических методов обработки, - основные направления работ заводских специалистов, позволяющие поддерживать на высоком техническом уровне выпускаемые нами твердосплавные инструменты.

Разработки

В настоящее время в отечественной твердосплавной промышленности проводятся глубокие исследования, связанные с возможностью повышения эксплуатационных свойств твердых сплавов и расширением сферы применения. В первую очередь эти исследования касаются химического и гранулометрического состава RTP(ready-to-press) смесей. Одним из удачных примеров за последнее время можно привести сплавы группы ТСН (ТУ 1966—001-00196121-2006), разработанных специально для рабочих узлов трения в агрессивных кислотных средах. Данная группа является логическим продолжением в цепочке сплавов ВН на никелевой связке, разработанных Всероссийским Научно-Исследовательским Институтом Твердых Сплавов. Опытным путём было замечено, что с уменьшением размера зерен карбидной фазы в твердом сплаве, качественно повышаются такие характеристики, как твердость и прочность. Технологии плазменного восстановления и регулирования гранулометрического состава в данный момент позволяют производить твердые сплавы размеры зерен (WC) в которых могут быть менее 1 микрона. Сплавы ТСН группы в настоящий момент находят широкое применение в производстве узлов химических и нефтегазовых насосов отечественного производства.

Возрастающие темпы развития производства требуют все большего объема выпуска режущего инструмента, штампов, пресс-форм, фильер и т.п. Это вызвало большой расход вольфрама. Возникшую проблему нехватки вольфрама во многих странах стали решать в первую очередь за счет повышения эффективности его использования.

В связи с расширением технологических возможностей при производстве твердых сплавов, развитием химии и порошковой металлургии, дефицитом вольфрама уже в начале 60-х годов начались интенсивные работы по созданию безвольфрамовых твердых сплавов.

Одно из направлений решения этой актуальной задачи - разработка новых марок твердых сплавов с применением карбидов титана TiC, гафния HfC, ниобия NbC, тантала TaC. Производство инструмента, оснащенного этими марками твердого сплава, позволяет заменить дефицитный вольфрам более дешевыми металлами, расширить номенклатуру используемых марок твердого сплава, что позволяет создать инструментальные материалы со специфическими свойствами, обладающими более высокими эксплуатационными характеристиками, применяющиеся для специальных видов работ.

Кубический нитрид бора (КНБ). Это относительно новый поликристаллический материал, применяемый для режущих инструментов. Твердость КБН достигает 88 000 МПа (9000 кгс/мм.кв.), приближаясь к твердости алмаза. Теплостойкость его составляет 1400-1500°C.

В США, ФРГ, Австрии в начале 70-х годов налажено производство сплава Ферро-ТiC, который создан на основе карбида титана и стальной связки. Обладая высокой твердостью, износостойкостью и жаропрочностью, этот сплав является промежуточным между быстрорежущими сталями и твердыми сплавами. Он применяется для изготовления инструментов и конструкционных материалов, работающих в условиях интенсивного износа. Из него изготавливают детали штампов, пуансоны, протяжные кольца, валки, ролики, фильеры, режущие и измерительные инструменты.

В настоящее время для металлообработки создан целый ряд безвольфрамовых твердых сплавов на основе карбида и карбонитрида титана, которые применяются в различных сферах производства. Широко используются твердые безвольфрамовые сплавы марок ТН20, ТН50, КТН16, ЛЦК20, ТВ4.

Положительный опыт работы ряда организаций позволяет сделать вывод, что безвольфрамовые твердые сплавы найдут широкое применение для изготовления режущего и штампового инструмента, деталей машин, работающих в тяжелых условиях, оснастки и приспособлений.

## Литература

1. Конструкционные материалы. Под ред, Б.Н. Арзамасова. Москва, изд «Машиностроение», 1990.
2. Технология конструкционных материалов. Под ред. А.М. Дальского. Москва, изд «Машиностроение», 1985.
3. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них - Панов B.C., Чувилин A.M. МИСИО, 2001
4. Термодинамика сплавов. Вагнер К. Москва, 1957
5. Производство и литье сплавов цветных металлов. Юдкин В.С. М., 1967–1971
6. Диаграммы фаз в сплавах. М., 1986 Коротич В.И., Братчиков С.Г. Металлургия черных металлов. М., 1987