***ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ***

***1.Состав и механические свойства***

***Двухкарбидные*** твердые сплавы содержат карбиды вольфрама, и титана и называются титановольфрамовыми (группа ТВК или ТК). В марках Т5К10, Т14К8, Т15К6, Т30К4 цифры после буквы Т показывают процентное содержание карбида титана TiC, буква К – Co, цифра после буквы К – содержание кобальта, остальное – WC.

Пример расшифровки сплава Т5К10: 5% TiC + 10% Co + 85% WC.

Появление твердых сплавов позволило не только повысить скорости резания за счет их более высокой теплостойкости по сравнению с быстрорежущими сталями (скорость резания твердосплавным инструментом в 5–10 раз выше, чем для инструмента из быстрорежущей стали), но и заметно увеличить период стойкости инструмента, поскольку твердыми сплавы названы именно за их способность противостоять износу. Однако, как ранее, так и ныне существуют определенные ограничения на применение этих материалов для режущего инструмента. Объясняется это основными свойствами твердых сплавов.

**Почему металлокерамические?**

Под твердыми сплавами понимают сплавы на основе высокотвердых и тугоплавких карбидов вольфрама, титана, тантала, соединенных металлической связкой, как правило, кобальтом. Твердые сплавы являются металлокерамическими, т. к. карбиды перечисленных металлов в силу своих строения и свойств нельзя отнести к веществам, которые мы привыкли считать металлом.

Такие материалы обладают высокой твердостью HRA 80–92 (HRCЭ 73–76), износостойкостью и высокой теплостойкостью (до 800–1000°С). По своим эксплутационным свойствам они превосходят инструменты из инструментальных сталей. Однако перечисленные достоинства одновременно являются и их недостатками. Высокая твердость существенно затрудняет обработку сплавов, поэтому возникают сложности изготовления фасонных деталей (режущих кромок). Кроме того, высокая твердость материала сопряжена с низкой прочностью на изгиб и повышенной хрупкостью. По этим характеристикам твердые сплавы уступают сталям.

Свойства твердых сплавов и, следовательно, области их применения зависят от состава и зернистости карбидной фазы (WC, TiC, TaC), а также соотношения карбидной и связывающей фаз. Регулированием этих факторов можно в определенных пределах менять свойства сплавов.

**Классификация твердых сплавов**

Металлокерамические твердые сплавы подразделяются на три группы:

I. Однокарбидные сплавы типа ВКЗ, ВК8, ВК15, ВК25. В маркировке В означает карбид вольфрама, К — кобальт, цифра показывает массовую долю кобальта в процентах. Чем выше содержание кобальта, тем меньше хрупкость сплава, хотя при этом понижаются твердость и износостойкость.

II. Двухкарбидные (WС+ ТiС+Со) титано-вольфрамовые сплавы типа ТК (Т5К10, Т14К8, Т15К6, Т30К4, Т5К12В), представляющие соединения карбидов вольфрама и титана, сцементированных кобальтом. Эти сплавы менее прочны, чем сплавы типа ВК, но они имеют более высокую износостойкость при обработке деталей из различных видов стали.

В обозначении сплавов этой группы цифра, следующая после буквы Т, обозначает примерное содержание в сплаве карбида титана, а цифра после буквы К — содержание кобальта. Например, сплав Т15К6 содержит 15% карбида титана, 6% кобальта, а остальные 79% карбида вольфрама.

По сравнению со сплавами группы ВК они имеют повышенную вязкость.

III. Трехкарбидные сплавы системы (WС+ТiС+ТаС+Со). Например, сплав Т7К12 имеет состав: 81% WС+7% (3% ТаС+4% ТiС)+12% Со. Трехкарбидные сплавы имеют повышенную износоустойчивость, вязкость, хорошо сопротивляются вибрациям.

Сплавы первой группы имеют наибольшую прочность, но и более низкую твердость, чем сплавы других групп. Они теплостойки до 800°С. Повышенная износостойкость и сопротивляемость ударам сплавов группы ВК делает из привлекательными для обработки древесины.

Сплавы второй группы имеют более высокую теплостойкость (до 900–1000°С) и твердость. Это связано с тем, что карбид вольфрама частично растворяется в карбиде титана при температуре спекания с образованием твердого раствора (Ti, W)С, имеющего более высокую твердость, чем WC. Структура карбидной фазы зависит от соотношения WC и TiC в шихте. В сплаве Т30К4 образуется одна карбидная фаза — твердый раствор (Ti, W)С, который придает сплаву максимальную твердость (HRA 92), но пониженную прочность. В остальных сплавах этой группы количество WC превышает растворимость в TiС, поэтому карбиды вольфрама в них присутствуют в виде избыточных частиц.

В сплавах третьей группы структура карбидной основы представляет собой твердый раствор (Ti, Та, W)С и избыток WC. Сплавы этой группы отличаются от предыдущей большей прочностью, лучшей сопротивляемостью вибрациям и выкрашиванию.

Общим недостатком рассмотренных сплавов, помимо высокой хрупкости, является повышенная дефицитность исходного вольфрамового сырья — основного компонента, определяющего их повышенные физико-механические характеристики. Поэтому перспективно направление использования безвольфрамовых твердых сплавов. Хорошо себя зарекомендовали сплавы, в которых в качестве основы используется карбид титана, а в качестве связки — никель и молибден. Они маркируются буквами КТС и ТН. Твердые сплавы КТС-1 и КТС-2 содержат 15–17% Ni и 7–9% Mo соответственно, остальное — карбид титана. В твердых сплавах типа ТН-20, ТН-25, ТН-30 в качестве связующего металла применяют в основном никель в количестве 16–30%. Концентрация молибдена составляет 5–9%, остальное — также карбид титана.

Твердость подобных твердых сплавов составляет 87–94 HRA, сплавы имеют высокую износо- и коррозионную стойкость. Их используют для изготовления режущего инструмента.

**2. Коротко о технологии получения**

Твердые сплавы изготавливают методом порошковой металлургии. Порошки карбидов смешивают с порошком кобальта, прессуют эту смесь в изделия необходимой формы и подвергают спеканию при 1400–1550°С в защитной атмосфере (водород) или в вакууме. При спекании кобальт плавится и растворяет часть карбидов, что позволяет получать плотный материал (пористость не превышает 2%), состоящий на 80–97% из карбидных частиц, соединенных связкой. Увеличение содержание связки вызывает снижение твердости, но повышение вязкости.

Порошки получают различными способами. Название порошка указывает на способ его получения. Карбонильный порошок получают термическим разложением карбонильных соединений металлов; электролитический — электролитическим соединением из растворов или расплавов солей; осажденный порошок — химическим осаждением; распыленный порошок — распылением расплавленного металла или сплава; вихревой порошок — разломом металла в вихревых мельницах.

Большинство порошков состоит из гранул — частиц, имеющих сфероидальную форму, — гранулированный порошок.

Изделия из порошка производят следующим образом. Сначала проводят формование. Для этого в приготовленный порошок вводят связующий металл — это связка между частицами основной тугоплавкой фазы — и активизирующую добавку, которая ускоряет дальнейший процесс спекания. Чтобы облегчить формование, вводят пластификатор — пластичное вещество, способствующее уплотнению и упрочнению формовок. В процессе формования заготовкам из порошка придают форму, размеры, плотность и механическую прочность, необходимые для последующего изготовления изделий. Обычно формование проводят прессованием на механических или гидравлических прессах.

Спекание может происходить без образования жидкой фазы — твердофазное спекание, с образованием жидкой фазы — жидкофазное спекание. В результате получается спеченный материал или спеченное изделие.

Спекание изделий проводят в различных печах (пламенных, электрических) индукционным нагревом — непосредственным пропусканием электрического тока через спекаемое изделие. Для защиты поверхности изделия от окисления применяют защитные атмосферы или вакуумные печи.

Чтобы избежать коробления изделия, спекание проводят с одновременным приложением давления — спекание под давлением. Часто получают изделия методом горячего прессования — одновременное прессование и спекание порошков. Прессование проводят на механических, гидравлических либо газостатических прессах. Давление и температуру выбирают, исходя из свойств порошков и назначения изделий.

Чтобы повысить прочность изделий, в порошки вводят специальный армирующий материал (упрочняющие стержни, волокна, проволоку, сетку), а затем подвергают спеканию. В результате получают армированный спеченный материал.

**3. Основные физико-механические свойства твердых сплавов**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка сплава | МПа, не менее | p, г/см куб. | HRA, не менее | Область применения |
| ВК3 | 1176 | 15,0-15,3 | 89,5 | Чистовая и окончательная обработка (точение, нарезание резьбы, размерная обработка отверстий и др.) серого чугуна, цветных металлов и сплавов и неметалических метериалов |
| ВК3-М | 1176 | 15,0-15,3 | 91 | Чистовая и окончательная обработка (точение, рестачивание, нарезание резьбы, развертывание) твердых, легированных и отбеленных чугунов, цементированных закаленных сталей |
| ВК4 | 1519 | 14,9-15,2 | 89,5 | Черновая обработка при неравномерном сечении среза (точение, фрезерование, растачивание, рассверливание, зенкерование)при обработке чугуна, цветных металлов и сплавов, титана и его сплавов |
| ВК6 | 1519 | 14,6-15,0 | 88,5 | Черновая и получистовая обработка (точение, нарезание резьбы резцами, фрезерование, рассверливание, зенкерование отверстий) серого чугуна, цветных металлов и их сплавов |
| ВК8 | 1666 | 14,4-14,8 | 87,5 | Черновая обработка при неравномерном сечении среза и прерывистом резании серого чугуна, цветных металлов и их сплавов, коррозионно-стойких, высокопрочных и жаропрочных сталей и сплавов, титановых сплавов (точение, строгание, фрезерование, сверление, зенкерование) |
| Т30К4 | 980 | 9,5-9,8 | 92,0 | Чистовая обработка незаколенных и закаленных углеродистых сталей (точение, нарезание резьбы, развертывание) |
| Т15К6 | 1176 | 11,1-11,6 | 90,0 | Получистовое точение (непрерывное резание), чистовое точение (прерывистое резание), нарезание резьбы резцами и вращающимися головками, получистовое и чистовое фрезерование сплошных поверхностей, растачивание, чистовое зенкерование, развертывание при обработке углеродистых и легированных сталей |
| Т14К8 | 1274 | 11,2-11,6 | 89,5 | ТО же, что для сплава Т15К6, а также черновая обработка при неравномерном сечении и непрерывном резании |
| Т5К10 | 1421 | 12,4-13,1 | 88,5 | Черновое точение и фрезерование при неравномерном сечении и прерывистом резании, фасонное точение, отрезка резцами, чистовое строгание и другие виды обработки углеродистых и легированных сталей, преимущественно в виде поковок, штамповок и отливок по корке и окалине |
| Т5К12 | 1666 | 13,1-13,5 | 87,0 | Тяжелое черновое точение при неравномерном сечении стальных поковок, штамповок и отливок по корке с раковонами при наличии песка, шлака и др.; все виды строгания, сверления углеродистых и легированных сталей |