

ОПД 06 Процессы формообразования и инструменты

Тема: Твердые сплавы, их состав и свойства. Режущая керамика

Задание для студентов

1. Ознакомиться с теоретическим материалом
2. Составить конспект лекции
3. Ответить на контрольные вопросы в **письменном виде**
4. Предоставить **конспект лекции и ответы** на контрольные вопросы в электронном виде на проверку.

С уважением, *Гнатюк Ирина Николаевна*.

При необходимости вопросы можно задать по телефону: 072-136-54-46

Работы отправлять на электронную почту ira.gnatyuk.60@inbox.ru

ЛЕКЦИЯ

План

1. Твердые сплавы
2. Свойства твердых сплавов
3. Режущая керамика, состав и свойства

Твердые сплавы

Твердые сплавы распространены в различных областях промышленности. Из них изготавливают детали для станков, машин, кораблей, самолетов, крепежные элементы, строительные пластины и другие изделия. Часто их используют при производстве инструмента.

История открытия твердых сплавов начинается с начала 20 века. До этого периода инструменты для обработки металла изготавливали из инструментальной стали, которая была насыщена углеродом. Однако процесс обработки был малопроизводительным и неэкономичным.

В последующие годы начали использовать синтетические алмазы в качестве покрытия рабочих частей инструментов. Ещё одной разработкой стал эльбор — соединение азота и бора.

Соединения металлов представляют собой смесь порошков, которые прессуются и запекаются. В её состав входят карбиды и кобальт. Смешивают порошки в формах для запекания, прессуют под давлением от 200 кгс/см². После обработки давлением формы разогреваются до температуры в 1500 градусов. Готовые соединения используют при получении труднообрабатываемых материалов.

Свойства твердых сплавов

- Высокая механическая и термоударная прочность.
- Износостойчивость.
- Краснотерпимость. Этот показатель проявляется при температурах от 900 и до 1000 градусов.

Такие свойства твердых сплавов, как ударопрочность, пластичность, прочность при сжатии или изгибе и твердость напрямую зависят от количества кобальта, содержащегося в соединениях. Также важен размер зерна карбида вольфрама.

Характеристики твердых сплавов

К ним относится химический состав соединения металлов, его механические и физические свойства, процесс получения готовых сплавов.

Механические и физические характеристики:

- Жаропрочность.
- Плотность (14,9г/см³–15,2г/см³).
- Твердость (89,5HRA-91 HRA).
- Теплопроводность — 51 Вт.
- Допустимая прочность — 2150 МПа.

Также к этим характеристикам можно отнести устойчивость соединений к воздействию коррозийных процессов.

Области применения

- Производство инструмента для обработки металла.
- Изготовление деталей для промышленного оборудования.
- Оснастка для работы с металлическими заготовками.

Достоинства и недостатки

К сильным сторонам относятся:

- Высокая механическая и термоударная прочность.
- Однородность структуры.
- Заточка на инструменте сохраняется гораздо дольше.
- Устойчивость к высоким температурам.

К недостаткам можно отнести высокую цену на инструменты и оснастку из твердых соединений.

Классификация

Существует специальная международная классификация, именуемая «ISO». Она разделяет отечественные и зарубежные твердые сплавы по области применения. Маркируется буквами из латинского алфавита:

К — используется для чугуна.

N — обработка цветных металлов и сплавов аналогичным им.

H — применяется при работе с закаленной сталью.

M — для нержавеющей стали.

P — для отливок со сливной стружкой.

S — для работы с жаропрочными сплавами.

Помимо этой классификации, есть разделение по химическим элементам, содержащимся в составе, и количеству основных металлов.

Твердые соединения металлов популярны в строительстве, металлургии, машиностроении и других отраслях. Эти сплавы применяют в виде пластинок к режущему инструменту и инструменту для буров при бурении горных пород. Некоторые мелкие режущие инструменты (сверла, развертки, фрезы) изготавливают целиком из твердых сплавов.

Металлокерамические твердые сплавы очень тверды (82-92 HRC) и способны сохранять режущую способность до температур 1000-1100°C. Основной составляющей таких сплавов являются карбиды вольфрама, титана, tantalа. В качестве связующего применяют кобальт.

По ГОСТ 3882-74 выпускают металлокерамические сплавы трех групп:

- *вольфрамовая (BK)* – BK3, BK3M, BK4, BK4M, BK6, BK6M, BK6B9, BK8, BK8VK, BK10, BK10M, BK10KC, BK11B, BK11VK, BK15, BK20, BK20KC, BK20K, BK25;
- *титано-вольфрамовая (TK)* – T30K4, T15K6, T14K8, T5K12, T5K10.
- *титано-тантало-вольфрамовая (TTK)* – TT7K12, TT8K6, TT20K9.

Из таблицы видно, что с увеличением содержания кобальта прочность сплавов возрастает, а твердость и износостойкость уменьшаются; соответственно и определяется область использования различных марок сплавов. Сплавы марок BK3, BK3M, BK4, BK4M, BK6, BK6M, BK6B9, BK8, BK8VK, BK10, BK10M, все сплавы TK и TTK используются для обработки резанием металлов, пластмасс, камня; сплав BK15 – для режущих инструментов по дереву.

Таблица 1 – Основные свойства твердых сплавов

Марка	Массовое содержание компонентов, %				Предел прочности при изгибе σ_u , МПа, не менее	Твердость HRA, не менее
	WC	TiC	TaC	Co		
BK3	97	-	-	3	1100	89,5
BK3M	97		-	3	1100	91,0
BK6	94	-	-	6	1500	88,5
BK10M	90	-	-	10	1500	88,0
BK10KC	90	-	-	10	1750	85,0
BK20	80	-	-	20	1950	84,0
T30K4	66	30	-	4	950	92,0
TT7K12	81	4	3	12	1650	87,0

Для армирования горного инструмента используют сплавы ВК3М, ВК6, ВК6М, ВК6В9, ВК8, ВК8ВК, ВК10, ВК10М, ВК10КС, ВК11В, ВК11ВК, ВК15.

Из сплавов марок ВК6, ВК8, ВК15 изготавливают фильтры и матрицы для волочения и прессования (выдавливания); сплавы ВК6 и ВК8 используют и при изготовлении деталей измерительных инструментов. Для изготовления штампов используют сплавы марок ВК15, ВК20, ВК10КС, ВК20К.

Буква М обозначает мелкозернистую структуру и поэтому более высокую износостойчивость по сравнению с теми же марками нормальной зернистости.; буквы В или КС в конце маркировки определяют более высокие эксплуатационную прочность и сопротивление ударам и выкрашиванию за счет крупнозернистой структуры; буква О указывает на содержание 2% карбида тантала, что несколько увеличивает твердость и износостойкость сплава.

Для изготовления металлокерамических твердых сплавов порошкообразные составляющие тщательно перемешивают и смесь прессуют под давлением от 100 до 420 МПа. Полученные прессовки спекают при температуре 1500°С. При спекании связующий металл (cobальт) расплывается и, обволакивая зерна карбидов, связывает их.

При выборе марки сплава нужно обращать внимание на их разделение. Это могут быть титановольфрамовые и вольфрамовые смеси. Первыми обрабатывают стали, вторыми — чугун.

Также нужно учитывать физические и механические характеристики. Важную роль играет мощность оборудования, с помощью которого будет проводиться обработка.

Режущая керамика, состав и свойства

Керамические инструментальные материалы не содержат дорогостоящих и дефицитных компонентов. Основой керамики является корунд — минерал кристаллического строения оксида алюминия (технический глинозем) Al_2O_3 . Из кристаллов электрокорунда изготавливают стандартные керамические пластины белого цвета. Белый цвет имеют кристаллы, электрокорунда, свободного от примесей. Примеси химических элементов придают электрокорундам различные цветовые оттенки. Оксидная керамика обладает высокими твердостью (90—94 HRA), теплостойкостью (до 1200°С) и в ряде случаев значительно превосходит; по стойкости и производительности твердые сплавы. Ее малое сродство с металлами исключает адгезионное взаимодействие с обрабатываемым материалом, вследствие чего достигается меньшая шероховатость поверхности, чем при

обработке твердосплавным инструментом.

Существенным недостатком оксидной керамики является высокая хрупкость, низкая ударная вязкость ($KC = 0,5 \dots 1,2 \text{ Дж/см}^2$) и плохая сопротивляемость циклическим изменениям тепловой нагрузки.

Инструменты из оксидной керамики используют при чистовой и получистовой обточке и расточке заготовок из высокопрочных и отбеленных чугунов, труднообрабатываемых сталей, некоторых цветных сплавов и неметаллических материалов с высокими скоростями резания (до 600 м/мин) в условиях безударной нагрузки, без охлаждения и при повышенной жесткости системы станок — приспособление—инструмент—заготовка. Наибольшее применение получила минералокерамика ЦМ-332 и ВО-13, которая имеет предел прочности при изгибе $\sigma_i = 295 \dots 370 \text{ МПа}$.

С целью повышения механической прочности в оксидную керамику добавляют различные тугоплавкие соединения (карбиды вольфрама, титана, молибдена, хрома к др.). Такие материалы получили название *оксидно-карбидной керамики*: Предел прочности при изгибе у нее $\sigma_i = 400 \dots 700 \text{ МПа}$, что почти в 2 раза выше, чем у ЦМ-332, но несколько ниже теплостойкость и износстойкость.

Оксидно-карбидная керамика имеет черный цвет, изготавливается в виде многогранных и круглых пластин. Представителями этой керамики являются ВЗ, ВОК-60, ВОК-63, ВШ-75 и др. Их применяют при обработке ковких и отбеленных чугунов, труднообрабатываемых сталей и сплавов.

Пластины из керамических материалов могут подвергаться отжигу, в результате чего стойкость их повышается, например у ВОК-60 и ВОК-63 она в 2—4 раза выше, чем у неотожженных.

Природные алмазы и синтетические сверхтвердые материалы

Самым твердым из известных инструментальных материалов является алмаз. Его применяют для оснащения лезвийных и абразивных, режущих инструментов.

По химическому составу алмаз представляет собой одну из аллотропных модификаций углерода — кристаллический углерод. Он обладает высокой износстойкостью, хорошей теплопроводностью, небольшим коэффициентом трения и малой адгезионной способностью к металлам, за исключением сплавов железа с углеродом. Наряду с высокой твердостью алмаз обладает большой хрупкостью. Кристаллы природных алмазов обладают большой *анизотропией* — твердость и прочность его в различных направлениях могут изменяться в сотни раз и при надлежащей кристаллографической ориентации можно значительно повысить стойкость инструмента. Это учитывают при изготовлении лезвийного инструмента,

Необходимо, чтобы алмаз обрабатывался в «мягком» направлении, а изнашивание соответствовало бы «твердому» направлению.

Алмазный инструмент характеризуется высокой производительностью при тонком точении и растачивании цветных сплавов, пластмасс и т. п. При этом обеспечивается высокое качество поверхности, что исключает необходимость операции шлифования обрабатываемых поверхностей. К недостаткам алмазных инструментов относится их высокая стоимость (более чем в 50 раз выше стоимости других инструментов) и дефицитность.

Для изготовления режущих инструментов используют как - природные (А), так и синтетические (АС) алмазы. Синтетические алмазы получают путем перевода углерода в другую модификацию и значительного уменьшения объема исходного графита в условиях высоких температур и давлений.

Синтетические алмазы выпускают следующих марок: АСБ — баллас (АСБ-5, АСБ-6); АСПК—карбонадо (АСПК-1, АСПК-2, АСПК-3). Вследствие поликристаллического строения алмазы обладают изотропностью механических свойств, поэтому отсутствует необходимость ориентирования поликристалла по плоскостям. Лезвийный инструмент с такими алмазными вставками обладает высокой динамической прочностью, что позволяет применять его при обработке особо прочных сплавов.

Баллас высокоэффективен при точении цветных сплавов с повышенным содержанием кремния, стеклопластиков и пластмасс. При обработке стеклопластиков и пластической керамики на основе смол износостойкость алмазов баллас в 70—80 раз выше износостойкости резцов с пластинами твердых сплавов ВК2, ВК3М и в 1,5— 2 раза выше износостойкости резцов из природных алмазов. Баллсы применяют для оснащения режущей части резцов, сверл, фрез, а также для изготовления шлифовальных кругов. Монокристаллические алмазы САМ используют для обработки полупроводниковых материалов, радиотехнической керамики и высококремнистых цветных сплавов.

Кристаллы алмазов закрепляют в инструменте пайкой и механически. Резцы с алмазными вставками можно затачивать с минимальным радиусом округления режущей кромки. Острота режущей кромки долго сохраняется, что позволяет вести обработку с малыми глубинами резания и получать малый параметр шероховатости.

В последние годы широкое распространение получил синтетический сверхтвердый материал на основе кубического нитрида бора (КНБ). КНБ синтезирован как и искусственный алмаз при температуре 1360—2000 °С и давлении 6000—9000 МПа. Он обладает высокой твердостью, уступая лишь

синтетическому алмазу. По теплостойкости (до 1600 °С) кубический нитрид бора превосходит все инструментальные материалы и химически инертен к железу и углероду. Это дает возможность использовать кубический нитрид бора в качестве абразивного инструмента при обработке различных высокопрочных и жаропрочных сталей и сплавов, обеспечивая требуемое качество обработки и экономичность при высокой стоимости самого инструмента. Резцы, оснащенные кубическим нитридом бора, успешно применяют при тонком точении и растачивании закаленных сталей, что совершенно недоступно для работы алмазными резцами.

На основе плотных модификаций кубического нитрида бора создан ряд инструментальных материалов, носящих название композиционных (композиты). Композиты делят на две группы: материал с массовой долей КНБ от 95 % и выше и массовой долей КНБ 75 % с различными добавками (например, Al_2O_3). К первой группе относят эльбор Р (композит 01), бельбор (композит 02), гексанит (композит 10) и др. Их изготавливают в виде цилиндрических столбиков диаметром 4—6 мм, высотой 3—6 мм, которые затем закрепляют в державки режущего инструмента. Материалы этой группы различаются технологией изготовления и исходным сырьем.

Ко второй группе композитов относятся: композит 05, состоящий из КНБ и двуокиси алюминия Al_2O_3 ; композит 09, представляющий собой поликристаллы твердого нитрида бора (ПТНБ). Композит 09 используется для оснащения инструмента, работающего в условиях ударных нагрузок.

Одновременно с совершенствованием имеющихся сверхтвердых материалов разрабатывают новые материалы. Наиболее перспективным из них представляется силинит-Р — материал на основе нитрида кремния (SiN). Получают силинит-Р методом горячего спекания в графитовых пресс-формах в виде пластин различной формы. Для силинита-Р характерно отсутствие склонности к адгезии по отношению к большинству сталей, сплавов на основе меди, алюминия. Он обладает более высокими прочностью, ударной вязкостью и теплопроводностью, чем инструменты из минералокерамики. Силинит-Р имеет достаточно высокие эксплуатационные свойства при точении и фрезеровании чугуна, а также при точении закаленных сталей. Силинит-Р не содержит дефицитных элементов, что в совокупности с высокими режущими свойствами открывает перспективы для более широкого применения этого материала.

Контрольные вопросы:

1. Каким требованиям должны удовлетворять инструментальные материалы?
2. Какие Вы знаете группы твердых сплавов? Какой компонент является общим для них?
3. Какие виды керамики используются для изготовления режущих инструментов?
4. Какое количество кобальта содержит сплав ВК10КС?
5. Какие режущие инструменты можно изготавливать целиком из режущего материала? Какие сплавы при этом используются?

