

Раздел 6
Сплавы, получаемые
методом порошковой
металлургии

Тема 6.1 Основные сведения о
порошковой металлургии

Методы получения порошков. Методами порошковой металлургии можно получать сплавы из металлов, не растворяющихся друг в друге при расплавлении, а также сплавы из тугоплавких металлов и металлов особо высокой чистоты. Порошковой металлургией изготавливают как заготовки, так и разнообразные детали точных размеров. Порошковая металлургия позволяет получать пористые материалы и детали из них, а также детали, состоящие из двух (биметаллы) или нескольких слоев различных металлов и сплавов. Методы порошковой металлургии позволяют получить материалы и детали, обладающие высокой жаростойкостью, износостойкостью, твердостью, с заданными стабильными магнитными свойствами, особыми физико-химическими, механическими и технологическими свойствами, которые невозможно получить методами литья или обработкой давлением.

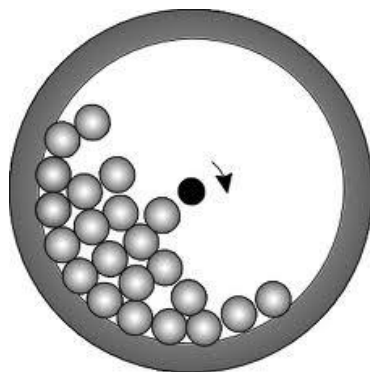
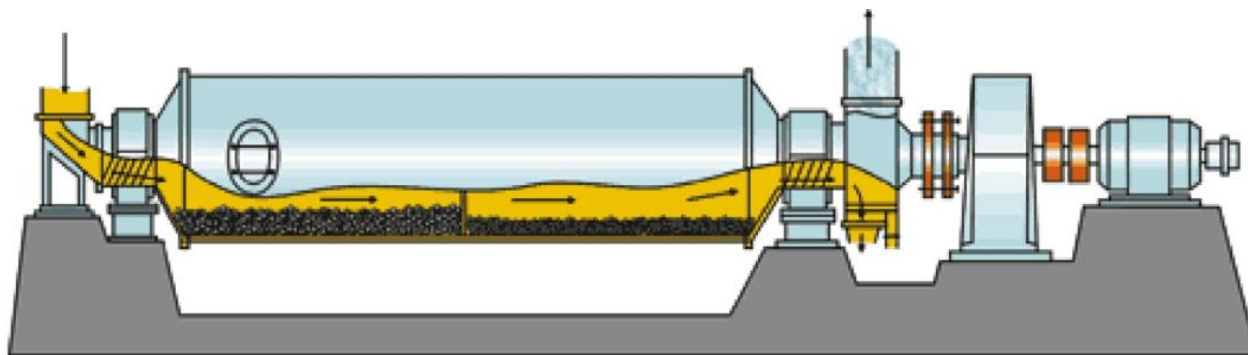
Процесс производства деталей и изделий из порошковых материалов заключается в приготовлении металлического порошка, составлении шихты, прессовании и спекании заготовок. Металлические порошки получают механическими и физико-химическими методами.

При *механических методах* порошки вырабатывают измельчением твердых или распылением жидких металлов без изменения их химического состава.

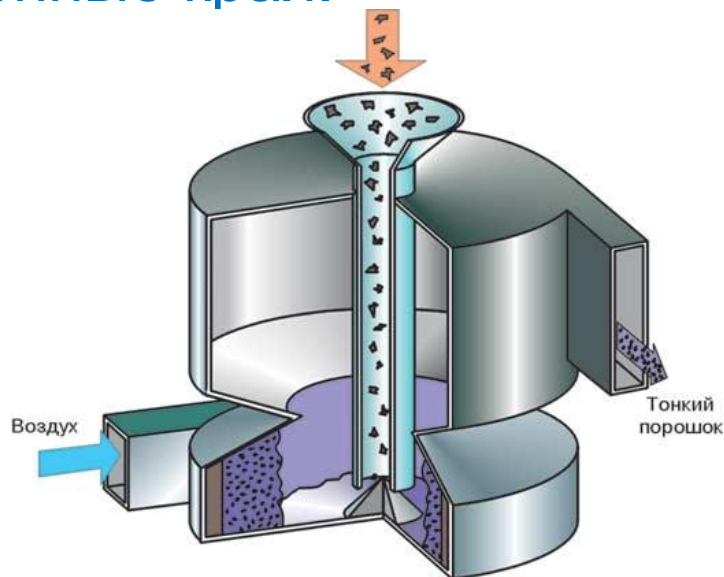
Для измельчения твердых хрупких материалов применяют шаровые, вихревые и вибрационные мельницы.

Измельчение обрабатываемого материала производят ударным и истирающим действием шаров (стальных или чугунных). Следует учитывать, что при получении металлических порошков механическими методами возможно их загрязнение.

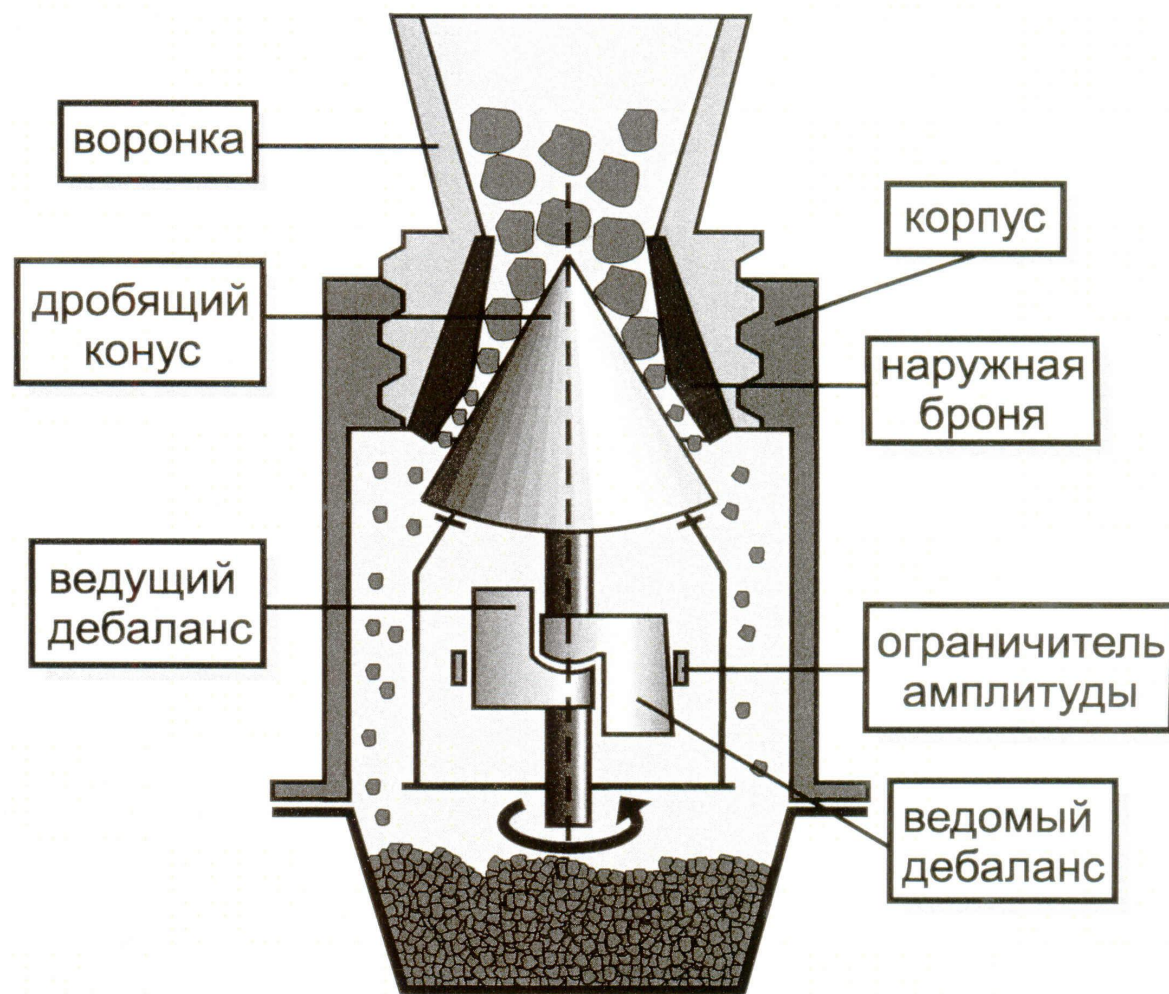
Шаровая мельница состоит из стального барабана, в который загружают размалывающие шары и обрабатываемый материал. Частицы порошка, полученного в шаровых мельницах, имеют вид неправильных многогранников размерами 100-1000 мкм.



Размол в вихревых мельницах более интенсивен, чем в шаровых. В камере вихревой мельницы имеется два пропеллера, которые, вращаясь в противоположные стороны, создают пересекающиеся воздушные потоки. Материал (рубленая проволока, стружка, обрезки и другие мелкие кусочки), загруженный в камеру, захватывается воздушными потоками и за счет взаимного соударения дробится на частицы размером от 50 до 200 мкм. Полученные частицы имеют тарельчатую форму и зазубренные края.



Для получения тонких порошков из хрупких карбидов металлов и окислов применяют вибрационные мельницы.



Вибромельницы наиболее производительны, их работа основана на высокочастотном воздействии на измельчаемый материал стальных шаров и цилиндров за счет совершения барабаном мельницы круговых колебаний высокой частоты.

Для получения порошков из олова, свинца, алюминия, меди, а также из железа и стали применяют распыление струи жидкого металла кинетической энергией воздуха, воды, пара или инертных газов. Полученные частицы порошка имеют размеры 50-350 мкм и форму, близкую к сферической.

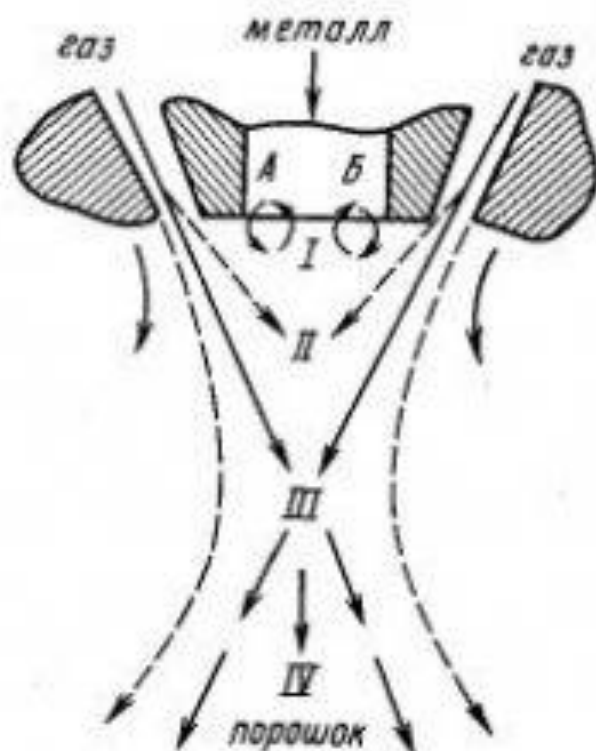
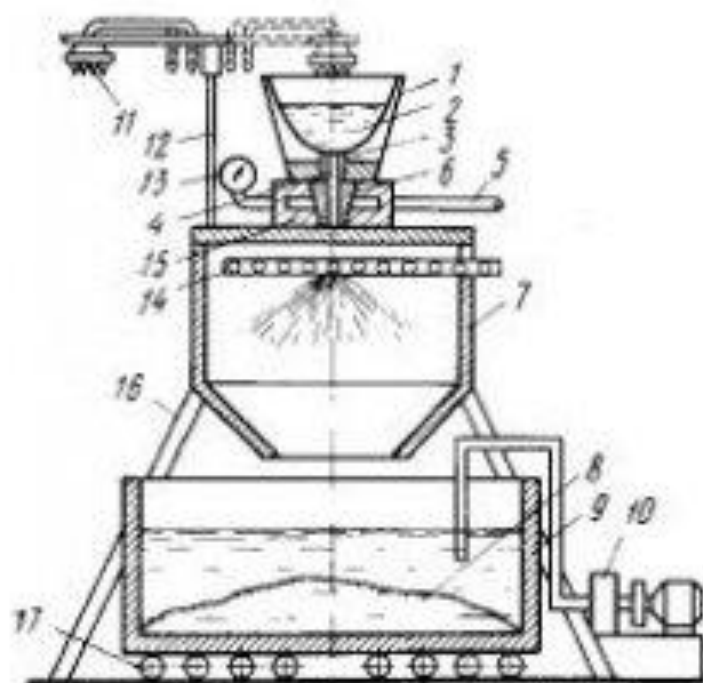


Рис. 6. Схема лабораторной распылительной установки

1 — металлоприемник; 2 — жидкий металл; 3 — калиброванный огнеупорный вкладыш; 4 — струя металла; 5 — газоподвод; 6 — регулятор зазора форсунки; 7 — камера распыления; 8 — порошок; 9 — приемный бункер; 10 — центробежный насос; 11 — газовая горелка для обогрева металлоприемника; 12 — стойка горелки; 13 — манометр; 14 — орошающее устройство; 15 — корпус форсунки; 16 — стойки установки; 17 — катушки

Рис. 7. Схема распыления струи расплава:

I — зона возмущения струи расплава; II — зона распада струи на первичные капли; III — зона эффективного диспергирования первичных капель на мелкодисперсные частицы («фокус распыления»); IV — зона формирования и охлаждения частиц порошка. Пунктиром показана граница газового потока с пониженным давлением и скоростью

При получении порошков *физико-химическими методами* происходят изменения химического состава и свойств исходного материала. Основными физико-химическими методами являются химическое восстановление металлов из окислов, электролиз расплавленных солей, карбонильный метод и метод гидрогенизации.

Химическое восстановление окислов металлов осуществляют газообразными или твердыми восстановителями. В качестве газообразных восстановителей широко используют природный, доменный и углекислый газы, а также водород. Получающуюся при химическом восстановлении металлическую губку подвергают размолу. Среди физико-химических методов получения порошков этот метод наиболее дешевый. Порошки чистых и редких металлов (тантала, циркония и др.) в виде дендритов величиной 1-100 мкм получают электролизом расплавленных солей

Электролиз позволяет получать чистые порошки из загрязненного сырья.

Карбонильный метод позволяет получать порошки магнитного железа, никеля и кобальта в виде сфероидов величиной 1-800 мкм. Получающийся этим методом продукт при температуре 200-300°C распадается на порошок металла и окись углерода.

В основе метода гидрогенизации лежит восстановление хрома гидратом кальция. Получающаяся при этом известь вымывается водой, а порошок металла состоит из дендритов величиной 8-20 мкм.

Порошки, полученные физико-химическими методами, являются наиболее тонкодисперсными и чистыми. В зависимости от размера частиц порошки классифицируют по гранулометрическому составу на ультратонкие до 0,5 мкм, очень тонкие 0,5-10 мкм, тонкие 10-40 мкм, средней тонкости 40-150 мкм и крупные 150-500 мкм. Характеристиками основных технологических свойств порошков являются насыпная масса, текучесть, прессуемость и спекаемость.

Насыпная масса - масса 1 см³ свободно насыпанного порошка в граммах. Если порошок имеет постоянную насыпную массу, то при спекании будет обеспечиваться постоянная усадка. Один и тот же порошок может иметь различную насыпную массу в зависимости от способа получения. Для изготовления высокопористых изделий следует использовать порошки с малой насыпной массой, а для разнообразных деталей приборов и машин - с большой насыпной массой.

Текучесть - способность порошка заполнять форму. Она характеризуется скоростью прохождения порошка через отверстие определенного диаметра. С уменьшением размера частиц порошка его текучесть ухудшается. Текучесть в большей степени влияет на равномерность заполнения формы порошком и на скорость уплотнения при прессовании.

Прессуемость - способность порошка уплотняться под действием внешней нагрузки и характеризуется прочностью сцепления частиц порошка после прессования. На прессуемость оказывают влияние пластичность материала, размер и форма частиц порошка. С введением в состав порошков поверхностно-активных веществ прессуемость их повышается.

Под *спекаемостью* понимают прочность сцепления частиц, возникающую в результате термической обработки прессованных заготовок.

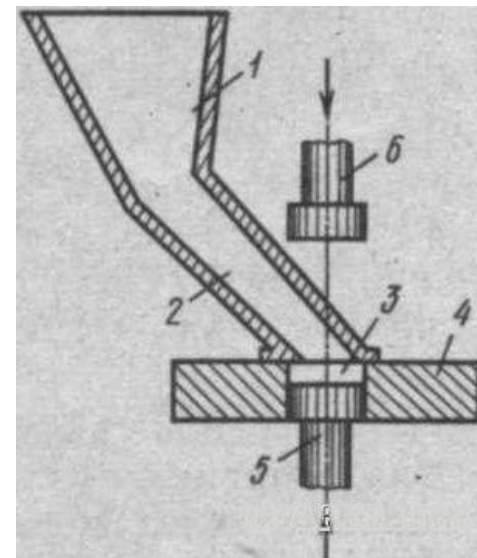
Приготовление шихты. Дозированные порции порошков определенного химического и гранулометрического состава и технологических свойств смешивают в барабанах, мельницах и других устройствах. При необходимости особо равномерного перемешивания шихты применяют добавки спирта, бензина, глицерина и дистиллированной воды. Иногда в процессе смешивания вводят технологические присадки различного назначения: пластификаторы, облегчающие прессование (парафин, стеарин, глицерин и др.), легкоплавкие присадки, летучие вещества, позволяющие получать изделия с заданной пористостью.

Формование заготовок и изделий. Прессование порошков в холодном или горячем состоянии осуществляют прокаткой и другими способами.

При *холодном прессовании* в матрицу пресс-формы засыпают шихту и рабочим пуансоном производят прессование. После снятия давления изделие выпрессовывают из матрицы выталкивающим пуансоном. В процессе прессования частицы порошка подвергаются упругой и пластической деформациям, при этом резко увеличивается контакт между частицами порошка и уменьшается пористость, что дает возможность получить заготовку нужной формы и достаточной прочности. Прессование выполняют на гидравлических или механических (эксцентриковых, кривошипных) прессах. Давление прессования составляет 200-1000 МПа в зависимости от состава порошка и назначения изделия.

Широкое распространение получили прессы автоматического действия (рис.)

Шихта, загружаемая в приемный бункер 1, перемещается в заполняющий рукав 2 под действием собственного веса. Рукав заканчивается над пресс-формой 3 и может перемещаться по столу 4 пресса. Положение нижнего выталкивающего пуансона 5 определяет количество засыпаемого порошка, т. е. в данном случае дозировка и питание пресс-формы совмещаются. После заполнения пресс-формы рукав отходит в сторону и дает возможность произвести давление посредством верхнего рабочего пуансона 6. Заготовка выталкивается нижним пуансоном, а рукав перемещается для следующей засыпки, одновременно сталкивая заготовку со стола в специальный лоток. Такие прессы иногда снабжаются вращающимися столами, на которых устанавливается несколько пресс-форм. Производительность автоматических прессов достигает нескольких тысяч заготовок в



При *горячем прессовании* в пресс-форме изделие не только формуется, но и подвергается спеканию, что позволяет получать беспористый материал с высокими физико-механическими свойствами. Горячее прессование можно осуществлять в вакууме, в защитной или восстановительной атмосфере, в широком интервале температур (1200-1800°C) и при более низких давлениях, чем холодное прессование. Приложение давления обычно производится после нагрева порошков до требуемой температуры. Этим методом получают изделия из трудно деформируемых материалов (боридов, карбидов и др.).

Прокатка металлических порошков является непрерывным процессом получения изделий в виде лент, проволоки, полос путем деформирования в холодном или горячем состоянии. Прокатку производят в вертикальном, наклонном и горизонтальном направлениях. **Наилучшие условия формования изделия создаются при вертикальной прокатке.** Сначала порошок из бункера поступает в зазор между вращающимися обжимными валками и обжимается в заготовку, которая направляется в проходную печь для спекания, а затем прокатывается в чистовых валках. **Объем порошка при прокатке уменьшается в несколько раз.** При прокатке ленты отношение диаметра валков к толщине ленты должно находиться в пределах от 100:1 до 300:1.

Скорость прокатки порошков значительно меньше скорости прокатки литых металлов и ограничивается текучестью порошка. Поэтому линейная скорость поверхности вращающихся валков должна быть меньше скорости перемещения металлического Порошка из бункера в зазор между валками. Прокаткой можно получать однослойные и многослойные изделия, ленты толщиной 0,025-3 мм и шириной до 300 мм, проволоку диаметром от 0,25 мм и более и т. д. Непрерывность процесса обеспечивает высокую производительность и возможность автоматизации.

Для придания деталям и изделиям необходимой прочности и твердости их подвергают *спеканию*. Операция спекания состоит в нагреве и выдержке изделий некоторое время в печи при температуре, примерно равной 0,6-0,8 температуры плавления основного компонента. Спекание производят в электропечах **сопротивления, индукционным нагревом или посредством непосредственного пропускания тока через спекаемое изделие.** Для предотвращения окисления металлических порошков спекание ведут в аргоне, гелии, вакууме или в среде водорода. Во избежание коробления тонкие и плоские детали спекают под давлением. **Для придания изделиям окончательной формы и точных размеров готовые изделия после спекания подвергают *отделочным операциям:*** калиброванию, обработке резанием, химико-термической обработке и размерной обработке электрофизическими методами, повторному прессованию.

Калибрование заключается в продавливании спеченного изделия через отверстие соответствующего сечения в пресс-форме. В результате калибрования происходит уточнение размеров изделия, полирование его поверхности и некоторое снижение пористости.

Обработку резанием выполняют для получения из прессованных заготовок деталей сложных форм (волоки для волочения, твердосплавные вставки и матрицы штампов и т. д.), для нарезания наружных и внутренних резьб, для получения небольших по диаметру, но глубоких отверстий.

Химико-термическую обработку (азотирование, хромирование, цианирование и т. д.) выполняют так же, как и для металлов. Наличие пористости, а следовательно, и более развитой поверхности, способствует более активному осуществлению химико-термических процессов.

Электрофизические методы – электроискровую и электроимпульсную обработку применяют для получения деталей сложной формы. Сущность электроискровой обработки заключается в использовании электроимпульсного искрового разряда между двумя электродами, один из которых является обрабатываемой заготовкой (анод), а другой - инструментом (катод). При электроимпульсной обработке применяют обратную полярность включения электродов. Это приводит к меньшему износу инструментов – электродов и повышению производительности в несколько раз, чем при электроискровой обработке. Эти методы основаны на использовании явления эрозии (разрушения) токопроводящих электродов при пропускании между ними импульсного электрического тока.

В результате возникающего разряда температура на поверхности обрабатываемой заготовки – электрода возрастает за очень малый промежуток времени до 10000-12000°С, металл мгновенно оплавляется и испаряется. Удаленный металл застывает в среде диэлектрической жидкости в виде гранул.

Повторное прессование используют для изготовления деталей сложной формы. Повторным прессованием обеспечиваются заданные размеры и требуемая форма заготовки, имеющей после первого прессования более простую форму и приближенные размеры.

Металлокерамические твердые сплавы

Это сплавы карбидов некоторых тугоплавких металлов (W, Ti, Ta) с добавками Co (как цементирующего металла).

Карбиды W и Ti имеют высокую твердость; Co придает сплавам вязкость и снижает температуру спекания.

Металлокерамические твердые сплавы изготавливают методами порошковой металлургии. По структуре

карбидных составляющих металлокерамические твердые

сплавы делятся на три группы: вольфрамовые (W),

титановольфрамовые (Ti-W), и

титанотанталовольфрамовые (Ti-Ta-W).

Сплавы вольфрамовой группы отличаются повышенной вязкостью, но меньшей твердостью. Изменяя состав сплавов (карбид WC от 97 до 85%, остальное Co), получают различные свойства в зависимости от области применения. Сплавы титановольфрамовой группы имеют более высокую твердость и износоустойчивость, но меньшую вязкость. Добавление карбида TiC взамен части карбида WC уменьшает коэффициент трения пары сплав-сталь. Такое же влияние оказывает и введение других карбидов тугоплавких металлов, кристаллизующихся, как и TiC , TaC или NbC . В результате взаимодействия TiC и WC образуется твердый раствор этих карбидов на основе TiC .



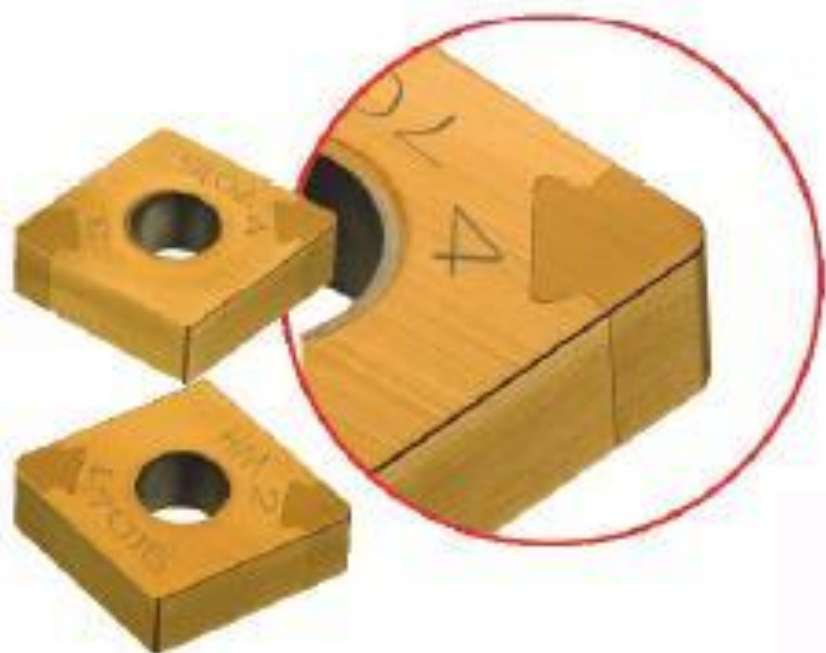
Металлокерамические вольфрамовые сплавы используют при изготовлении режущего инструмента для обработки чугуна, бронзы и неметаллических материалов. Из *металлокерамических титановольфрамовых сплавов* изготавливают режущий инструмент для обработки сталей. Металлокерамические твердые сплавы применяют также для изготовления волоочильных фильер, штампов, прессформ и т.д.

Поликристаллический кубический нитрид бора

Поликристаллический кубический нитрид бора (CBN) обладает исключительной твёрдостью в горячем состоянии, что позволяет использовать его при очень высоких скоростях резания. Он также характеризуется хорошей прочностью и термостойкостью.

Современные материалы CBN представляют собой керамические композиты с содержанием CBN порядка 40-65%. Керамическая связка добавляет кубическому нитриду бора износостойкости, без чего этот материал был бы подвержен химическому износу.

Для формирования пластины CBN напаивается на заготовку из твердого сплава.



Кубический нитрид бора широко используется для чистовой токарной обработки закалённой стали, имеющей твёрдость более 45 HRC. При твёрдости обрабатываемого материала более 55 HRC пластины из CBN становятся единственно возможным решением, способным заменить традиционно используемые методы шлифования. В более мягкой стали (твёрдостью ниже 45 HRC) содержится больше феррита, негативно влияющего на износостойкость CBN.

CBN можно также использовать для высокоскоростной черновой обработки серого чугуна как на токарных, так и на фрезерных операциях.

Кубический нитрид бора широко используется для чистовой токарной обработки закалённой стали, имеющей твёрдость более 45 HRC. При твёрдости обрабатываемого материала более 55 HRC пластины из CBN становятся единственно возможным решением, способным заменить традиционно используемые методы шлифования. В более мягкой стали (твёрдостью ниже 45 HRC) содержится больше феррита, негативно влияющего на износостойкость CBN.

CBN можно также использовать для высокоскоростной черновой обработки серого чугуна как на токарных, так и на фрезерных операциях.

ТЕСТ

А – І

**Обозначение
теста**

№ Варианта

Львов Ю. З.

Фамилия

Имя

Отчество

ТЕСТ «А»

Вариант	Первая буква <u>фамилии</u>
I	А, Б, В, Г, Д, Е, Ё, Ж,
II	З, И, Й, К, Л, М,
III	Н, О, П, Р, С, Т,
IV	У, Ф, Х, Ц, Ч, Ш, Щ, Ъ, Ы, Ь, Э, Ю, Я

У вас в распоряжении **5 мин 00 сек**,
разрешается пользоваться любыми
источниками информации,
но самый лучший – это головной мозг.

A - I

1. Как обозначается в маркировке

сталей *Al* (*Алюминий*)

а) *A*; б) *Ю*; в) *O*; г) *T*;

2. *B* (*Бор*)

а) *Ш*; б) *T*; в) *O*; г) *P*;

3. *Ti* (*Титан*)

а) *B*; б) *P*; в) *O*; г) *T*;

4. *Mg* (*Магний*)

а) *L*; б) *У*; в) *Ш*; г) *M*;

A - II

1. Как обозначается в маркировке

сталей *V* (*Ванадий*)

а) *X*; б) *C*; в) *Ф*; г) *T*;

2. *Ga* (*Галлий*)

а) *Ги*; б) *Пи*; в) *Ви*; г) *Си*;

3. *Ni* (*Никель*)

а) *H*; б) *Ч*; в) *N*; г) *Л*;

4. *Se* (*Селен*)

а) *C*; б) *E*; в) *H*; г) *Г*;

A - III

1. Как обозначается в маркировке

сталей *Be* (*Бериллий*)

а) *L*; б) *C*; в) *X*; г) *T*;

2. *Si* (*Кремний*)

а) *K*; б) *C*; в) *Г*; г) *P*;

3. *Co* (*Кобальт*)

а) *K*; б) *C*; в) *Ц*; г) *P*;

4. *Cr* (*Хром*)

а) *H*; б) *E*; в) *P*; г) *X*;

A - IV

1. Как обозначается в маркировке

сталей *C* (*Углерод*)

а) *O*; б) *K*; в) *У*; г) *C*;

2. *P* (*Фосфор*)

а) *P*; б) *П*; в) *Г*; г) *B*;

3. *Nb* (*Ниобий*)

а) *B*; б) *C*; в) *H*; г) *И*;

4. *Zr* (*Цирконий*)

а) *Z*; б) *E*; в) *Ц*; г) *X*;



Чебоксарский
Электромеханический
Колледж