



«Технология изготовления изделий из
порошков и пластмасс»

Лекция 6

Обработка спеченных порошковых изделий

Lec_6_TIPR_MC41_LNA_16_03_2017

Лалазарова Н.А.

Содержание



6.1. Прочность и разрушение пористых порошковых материалов



6.2. Термическая обработка спеченных порошковых изделий



6.3. Химико-термическая обработка спеченных порошковых изделий



6.4. Насыщение поверхностного слоя серой и металлами



6.5. Термомеханическая обработка



6.6. Защита порошковых изделий от коррозии



6.7. Механическая обработка



Контрольные вопросы



Задания для самостоятельной работы

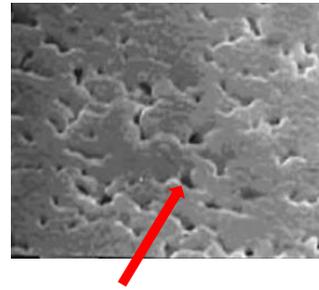


Список литературы

6.1. ПРОЧНОСТЬ И РАЗРУШЕНИЕ ПОРИСТЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Надежность и долговечность литых металлов и сплавов определяются их химическим составом, распределением и количественным соотношением фаз, размерами и формой зерен, уровнем напряжений.

На свойства порошковых материалов, наряду с этими факторами, существенное влияние оказывают особенности пористого материала -



Поры

сложное внутреннее строение, связанное с наличием пор разной конфигурации, состоянием межчастичных границ, наличием внутренних поверхностей раздела.

Важнейшим **фактором, определяющим свойства порошковых материалов**, является пористость, форма пор, их расположение по объему детали. Поры не только уменьшают действительное сечение металла, но и являются эффективными концентраторами напряжений. Так, при уменьшении сечения на 20–25% прочность снижается в 2–5 раз. При пористости 10–15% и температуре спекания (0,7–0,9) $T_{пл}$ значения прочности, пластичности и упругости составляют 1/2...1/6 от соответствующих величин беспористых материалов такого же химического состава.

ПРОЧНОСТЬ И РАЗРУШЕНИЕ ПОРИСТЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Поэтому прочность пористого материала характеризуется в основном прочностью контакта между частицами спекшегося порошка. **Свойства порошкового материала зависят от вида порошковой шихты.** Материалы, полученные из смеси порошков, имеют более низкие свойства, чем материалы такого же состава, полученные из порошков – сплавов.

Большое влияние на формирование структуры и свойств порошковых материалов, особенно с низкой пористостью, оказывают **рекристаллизационные процессы.**



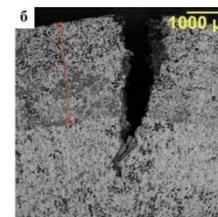
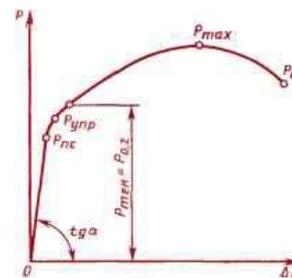
При определении механических свойств пористых материалов наиболее показательными являются **испытания на растяжение.**

Действие пор как надрезов приводит к **неоднородному распределению напряжений по поперечному сечению** при растяжении образца, а, следовательно, к более низким значениям прочности и пластичности.

ПРОЧНОСТЬ И РАЗРУШЕНИЕ ПОРИСТЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Связь между показателями твердости и пределом прочности при растяжении, наблюдаемая у литых металлов, у порошковых наблюдается только при высокой плотности и при определенных условиях получения порошковых материалов.

Пористость порошковых материалов определяет поведение образцов при испытании на растяжение. Уже при небольших нагрузках начинается деформация образца и в пористом материале формируются **первые трещины**.



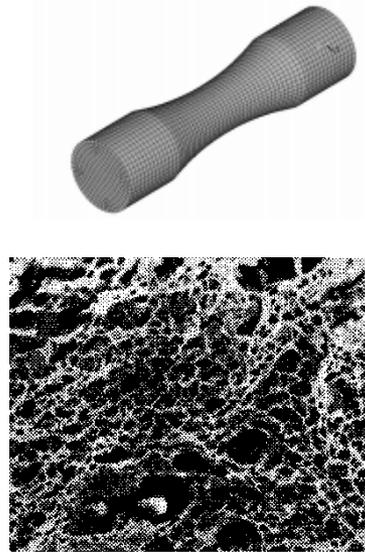
При этом, чем больше пористость, тем меньше требуется усилие для появления деформации. Кривая упрочнения имеет скачкообразный характер.

Мелкие скачки кривой соответствуют образованию и распространению трещин из пор. Диаграмма растяжения пористых образцов из порошкового железа не имеет прямолинейного участка, а напоминает диаграмму растяжения металлов, не образующих при растяжении площадки текучести.

ПРОЧНОСТЬ И РАЗРУШЕНИЕ ПОРИСТЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

С уменьшением пористости влияние величины зерна на свойства материала возрастает. Изготовление порошкового материала из дисперсных порошков приводит

к некоторому повышению механических свойств в результате получения более однородной и равномерной пористости.



Пористость оказывает значительное влияние и на *пластичность* порошковых материалов.

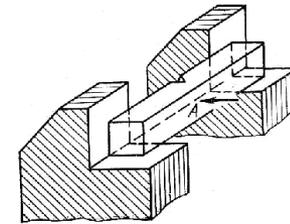
Удлинение пористого образца является результатом не только упругой и пластической деформации, но и раскрытия микротрещин, соединяющих отдельные поры, без заметной пластической деформации.

ПРОЧНОСТЬ И РАЗРУШЕНИЕ ПОРИСТЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Пористость отрицательно влияет на *ударную вязкость*. При комнатной температуре значения ударной вязкости пористой стали находятся в пределах 2-20 кДж/см², тогда как для стали Ст3 она составляет 80 кДж/см².

При уменьшении пористости ниже некоторого значения, зависящего от структуры металла, чистоты порошка, степени консолидации частиц, происходит резкий рост ударной вязкости.

Как правило, этот эффект наблюдается при пористости ниже 5%.

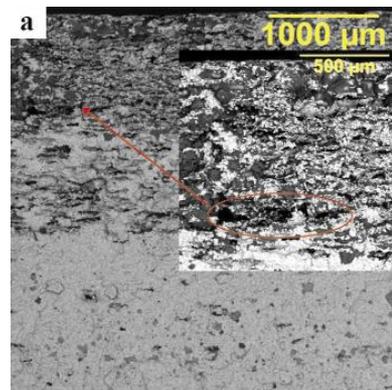


Известно, что для компактных материалов ударная вязкость увеличивается с повышением температуры. У порошковых материалов с пористостью более 8% резкого роста ударной вязкости с повышением температуры не наблюдается. Это связано с тем, что ход температурной зависимости, наряду со свойствами материала, определяются пористостью.

ПРОЧНОСТЬ И РАЗРУШЕНИЕ ПОРИСТЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Механизм деформации и разрушения пористых порошковых материалов отличается от механизма разрушения компактных материалов, в первую очередь тем, что в компактных материалах пористость развивается в процессе деформирования, а в пористых имеется до начала деформации.

Поры, межчастичные границы, различного рода включения являются структурными дефектами, которые уменьшают сечение металла,



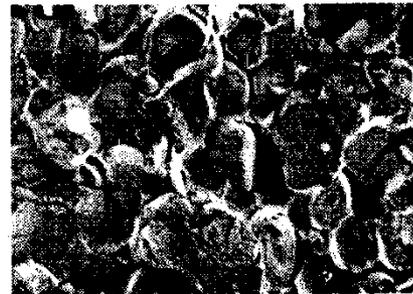
являются концентраторами напряжений и выступают в роли очагов разрушения.

Наличие пор в материале приводит к перераспределению в нем напряжений и деформаций и, как следствие, к смене механизма разрушения.

ПРОЧНОСТЬ И РАЗРУШЕНИЕ ПОРИСТЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Величина пористости, форма и размер пор влияют на механизм разрушения. В связи с тем, что поры в порошковых металлах выполняют роль надрезов, их объемное содержание и форма оказывают влияние на рельеф излома.

Для изломов высокопористых образцов, разрушение которых происходит в основном по межчастичным контактам, характерна повышенная шероховатость,



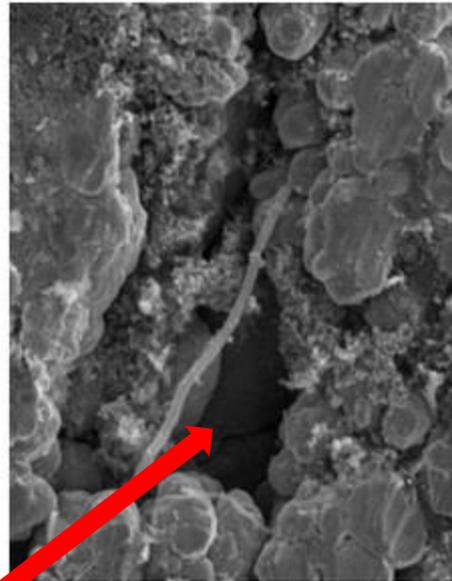
степень которой определяется дисперсностью порошковых частиц. При пористости 3...5% поверхность

изломов приобретает волнообразный рельеф с наличием вытянутых ямок. Изломы пористых низколегированных материалов на основе железа имеют в основном вязкое строение. Трещины зарождаются на периферийных участках контактов и в устьях пор.

2. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СПЕЧЕННЫХ ПОРОШКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Требования, предъявляемые к механическим и физико-химическим свойствам порошковых изделий, непрерывно возрастают. Повысить соответствующие свойства порошковых материалов можно изменением их структуры, различными видами термической, химико-термической, термомеханической

обработки, защитой от коррозии и механической обработкой для придания изделиям требуемых размеров и формы.



Поры

Широкое применение находит термическая обработка порошковых изделий. Наличие в порошковых материалах

пор не позволяет автоматически переносить закономерности тепловых процессов в компактном материале на порошковый.

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СПЕЧЕННЫХ ПОРОШКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Обладая большей суммарной поверхностью, пористые изделия при нагревании более склонны к обезуглероживанию, окислению и т.д., поэтому при их обработке необходимо применять либо более быстрый нагрев, при котором за счет меньшего времени теплового воздействия химическое взаимодействие затрагивает меньшие объемы,

либо осуществлять нагрев в защитных (нейтральных, восстановительных) атмосферах или в углеродсодержащих засыпках.

Меньшее время
нагрева

Быстрый нагрев

Защитные среды

Наличие в порошковых материалах пор, заполненных газом, существенно снижает тепло- и температуропроводность изделий.

В связи с этим при прочих равных условиях их скорости нагрева и охлаждения, а также другие характеристики процессов ТО будут отличаться от аналогичных показателей для беспористых изделий.

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СПЕЧЕННЫХ ПОРОШКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Поры, являясь концентраторами напряжений, при резком охлаждении вызывают появление значительных неравномерно распределенных термических и фазовых напряжений, приводящих к изменению структуры материала, а также к появлению трещин.

В ходе многочисленных исследований обнаружено, что повышенная дефектность порошковых изделий, неоднородность распределения легирующих элементов по объему заготовки,



большая суммарная поверхность существенно изменяют термодинамическое состояние материала, увеличивая запас свободной энергии и снижая работу образования зародышей новой фазы.

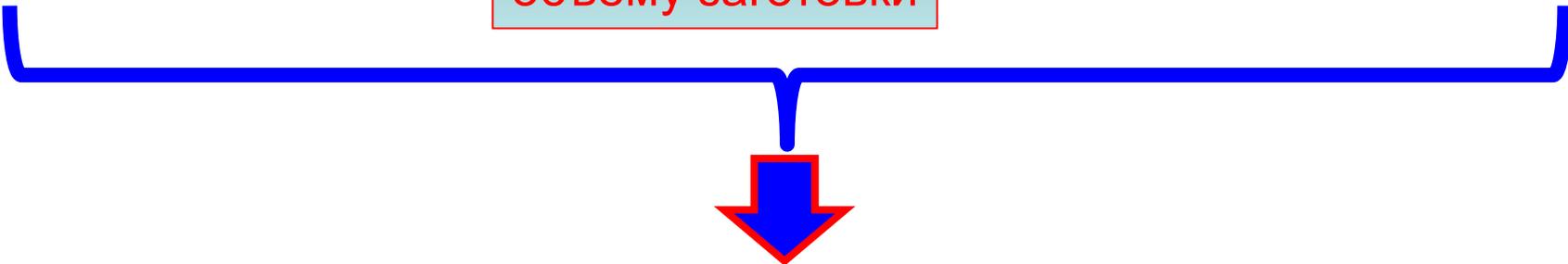
С увеличением пористости время, необходимое на проведение операций ТО, уменьшается. Дисперсность исходных порошков оказывает такое же влияние, но в меньшей степени, чем пористость.

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СПЕЧЕННЫХ ПОРОШКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Повышенная
дефектность
(поры),

Неоднородность
распределения
легирующих
элементов по
объему заготовки

Большая суммарная
поверхность



Изменяется термодинамическое состояние материала,
увеличивая запас свободной энергии



Снижается работа образования
зародышей новой фазы и
уменьшается время необходимое
на проведения операций ТО

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СПЕЧЕННЫХ ПОРОШКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Термическая обработка порошковых материалов делится на **предварительную** (различные виды отжига и нормализация) и **окончательную** (закалка с отпуском). В некоторых случаях отжиг и нормализация могут быть окончательной ТО.

Предварительная обработка проводится как на порошках, так и на сформованных, спеченных и откалиброванных заготовках с целью улучшения их структуры, технологических и механических свойств

(снижения твердости, улучшения обрабатываемости резанием, уменьшения и полного снятия остаточных напряжений).

Окончательной обработке обычно подвергают готовые изделия с целью улучшения или формирования заданной структуры и придания необходимых свойств. Для порошковых материалов с гетерогенной или неоднородной структурой важное значение имеет **диффузионный отжиг**, так как он позволяет обеспечить одинаковые свойства по всему сечению изделия. **Закалка порошковых изделий** позволяет не только повысить механические свойства, но и улучшить физико-химические свойства: магнитные, антикоррозионные и т.д.

Структура резцов из твердого сплава T14K8 после различных видов термообработки (x1280)



исходный, твердость 1653 HV, размеры карбидных включений TiC и WC 1-2мкм



режим 1 твердость 1623 HV, размеры карбидных включений TiC и WC 3-5мкм



режим 2 твердость 1695 HV, размеры карбидных включений TiC и WC 3-5мкм



режим 3 твердость 1566 HV, размеры карбидных включений TiC и WC 2-3мкм



режим 4, твердость 1588 HV, размеры карбидных включений TiC и WC 2-4мкм



режим 5 твердость 1618 HV, размеры карбидных включений TiC и WC 1-3мкм

№	режим термообработки	твердость HV	размеры карбидных включений TiC и WC, мкм
1	исходный	1653	1-2
2	режим 1	1623	3-5
3	режим 2	1695	3-5
4	режим 3	1566	2-3
5	режим 4	1588	2-4
6	режим 5	1618	1-3

3. ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СПЕЧЕННЫХ ПОРОШКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

ХТО заключается в нагреве и выдержке металлов и сплавов при высокой температуре в активных газовых, жидких или твердых средах. Она обеспечивает изменение свойств поверхности порошковых изделий, в том числе ее химического состава, при диффузионном

насыщении частиц материала-основы каким-либо легирующим элементом.

При ХТО пористых изделий повышается их твердость, приобретаются специальные свойства, а также на их поверхности может происходить залечивание пор,

играющее в ряде случаев большую роль для повышения всего комплекса свойств при сохранении массы и размеров изделий. После некоторых видов ХТО проводят термическую обработку, улучшающую свойства сердцевины и поверхности изделия. В некоторых случаях ХТО предшествует ТО. Распространенными видами химико-термической обработки порошковых материалов являются цементация, азотирование и сульфидирование – насыщение изделий, соответственно, углеродом, азотом или серой.

ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СПЕЧЕННЫХ ПОРОШКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Кроме этого, в практике порошковой металлургии используют так называемую диффузионную металлизацию – введение в состав порошкового материала хрома, алюминия, титана и т.д. Нередко ведут насыщение сразу несколькими элементами – цианирование (C + N), карбохромирование (C + Cr), карбохромсилицирование (C + Cr + Si).

Химико-термическая обработка включает в себя следующие этапы:



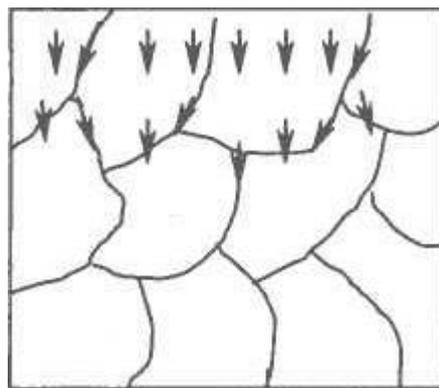
1) образование во внешней среде диффундирующего элемента в активном атомарном состоянии;

- 2) контакт активных атомов с поверхностью насыщаемого материала,
- 3) адсорбцию их и возникновение химической связи с атомами обрабатываемого материала;
- 4) твердофазную диффузию от поверхности в объем изделия.

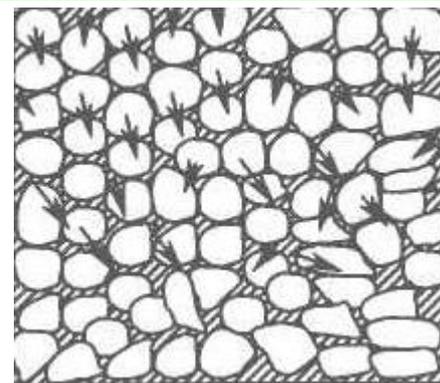
ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СПЕЧЕННЫХ ПОРОШКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Особенности строения порошковых материалов способствуют интенсификации диффузии. В порошковых изделиях диффузия осуществляется от всей активной (суммарной) поверхности частиц, что существенно уменьшает расстояние, на которое должны переместиться атомы для достижения требуемого результата.

Для технологии это означает **сокращение времени всего процесса**. При достаточно большой временной выдержке и открытой пористости ХТО,



а



б

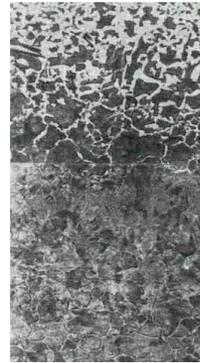
Схема насыщения легирующим элементом частиц (зерен) беспористых (а) и пористых порошковых (б) материалов

изначально предназначенная для поверхностной обработки, может привести к объемному насыщению изделия легирующими элементами.

ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СПЕЧЕННЫХ ПОРОШКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

В качестве рабочих сред при химико-термической обработке применяют твердые, жидкие и газообразные вещества. Наиболее эффективными являются газовые среды, обеспечивающие максимально быстрый подвод насыщающего элемента к поверхности.

Насыщение поверхностных слоев изделия углеродом (цементацию) проводят в углеродсодержащих средах (карбюризаторах),



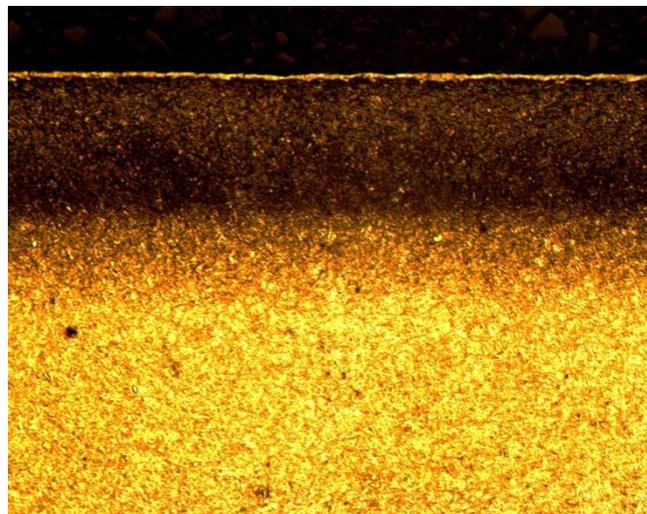
которые могут быть твердыми (древесный уголь), газовыми (природный, светильный

и конвертированный газы, эндо- и экзогазы и др.) и жидкими (соляные ванны типа $\text{BaCO}_3 + \text{NaCl}$ с добавкой 10–15 % карбида кремния, карбида кальция, кокса и других науглероживающих веществ). Наиболее прогрессивной является газовая цементация. Оптимальное сочетание механических свойств (высокой прочности и твердости на поверхности при относительно высокой ударной вязкости сердцевины) в цементованных изделиях обеспечивается последующей термической обработкой – закалкой и отпуском.

ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СПЕЧЕННЫХ ПОРОШКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Насыщение поверхностных слоев изделия азотом (азотирование) с целью получения высокой поверхностной твердости, износостойкости, коррозионной стойкости и усталостной прочности. Этот вид ХТО, которому подвергают порошковые изделия, прошедшие окончательную

термическую обработку, проводят в диссоциированном аммиаке со степенью диссоциации от 30 до 60 %.



Азотированный слой

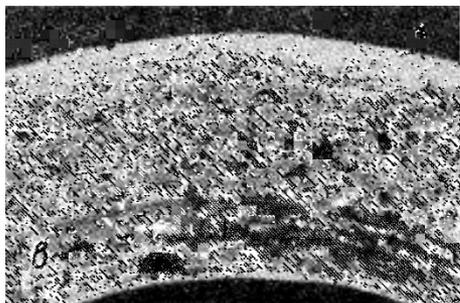
Нитроцементацию проводят в смеси диссоциированного аммиака с 20–30 % природного газа.

После проведенной нитроцементации поверхностные слои изделия (материала) приобретают повышенную твердость и износостойкость (большую, чем у цементованных изделий) за счет образования карбонитридов.

4. НАСЫЩЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ СЕРОЙ И МЕТАЛЛАМИ

Насыщение поверхностных слоев изделия серой (сульфидирование) проводят с целью улучшения прирабатываемости, уменьшения коэффициента трения и повышения сопротивляемости износу. Образующиеся в процессе обработки сульфиды располагаются в виде мелкодисперсных включений в порах и на поверхности изделия.

Насыщение поверхностных слоев изделия хромом (хромирование),
алюминием (алитирование),
ванадием (ванадирование),



Хромирование

цинком (цинкование) и другими элементами носит название диффузионной металлизации.

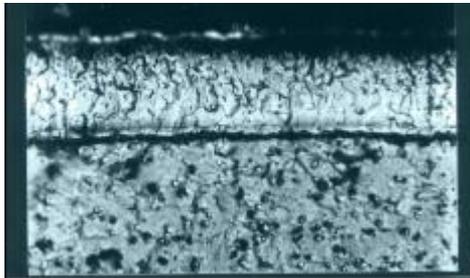
Поверхность трения образца с сульфидированной поверхностью

Поверхностное легирование обеспечивает экономию легирующих элементов, не снижая эксплуатационных характеристик изделий, работающих в условиях активной коррозии, трения и износа.

НАСЫЩЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ СЕРОЙ И МЕТАЛЛАМИ

Наибольшее распространение имеет хромирование, которое повышает механические свойства изделий, их износо-, жаро- и коррозионную стойкость, увеличивает поверхностную твердость и образует декоративное покрытие.

Хромирование можно совмещать с процессом спекания заготовок или проводить на готовых изделиях после спекания или горячего прессования.



Хромирование

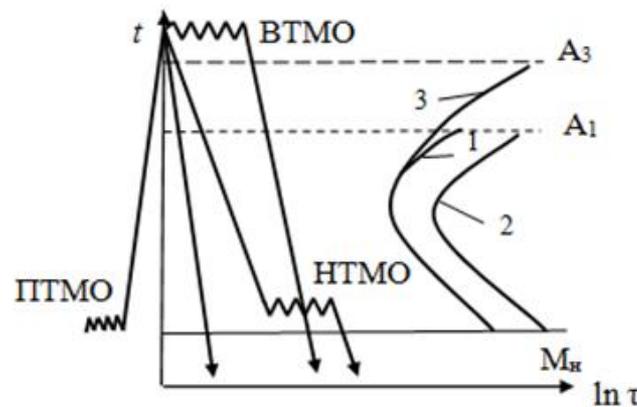
Перспективно совмещение хромирования с цементацией и азотированием (карбохромазотирование), позволяющее повысить износостойкость и эрозионную стойкость порошковых изделий.

Для повышения износо-, окалино- и коррозионной стойкости порошковых материалов применяют и другие виды ХТО – борирование, фосфатирование, силицирование и пр.

5. ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Термомеханическая обработка (ТМО) – эффективный способ повышения комплекса механических свойств порошковых материалов различного назначения, заключающийся в сочетании термической обработки с пластической деформацией.

Применяемые схемы ТМО представляют собой варианты трех основных процессов: высокотемпературной (ВТМО),



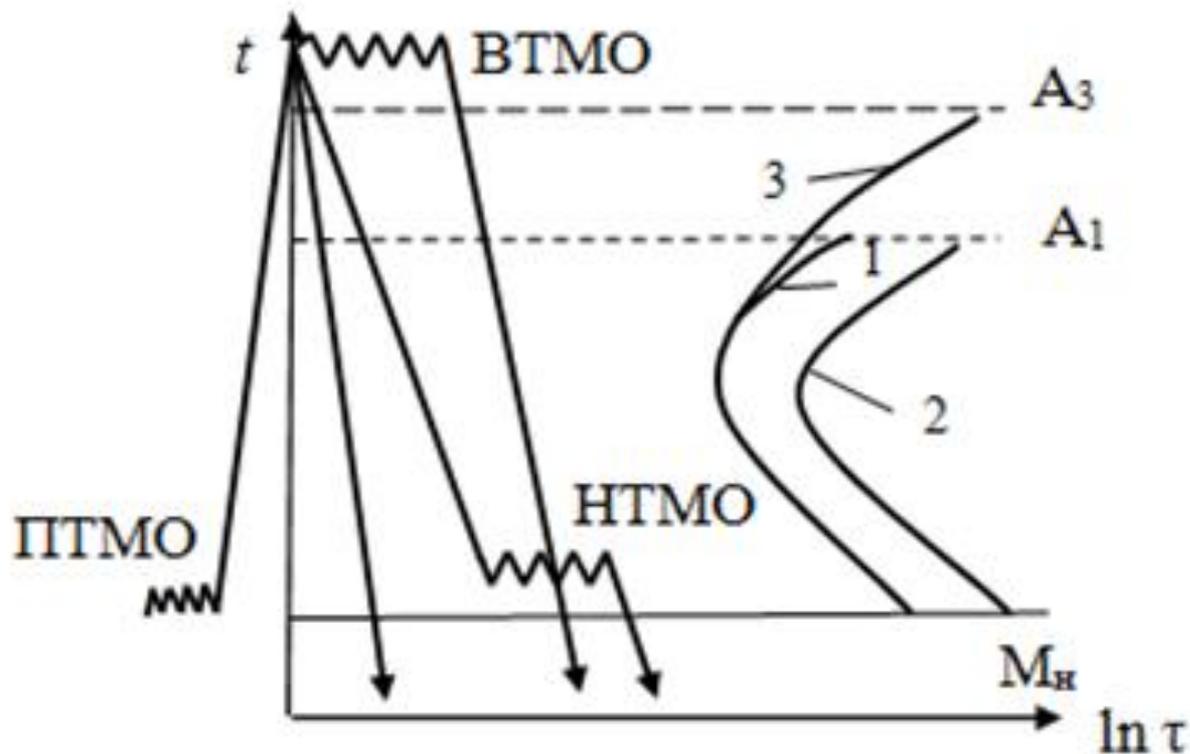
низкотемпературной (НТМО) и предварительной (ПТМО) термомеханической обработки.

При ВТМО деформацию материала с большой степенью обжатия (до 80–90 %) осуществляют прокаткой, экструзией, штамповкой и т.д., совмещая ее с уплотнением порошкового материала или обработкой малопористых материалов. Проведение горячей штамповки в рамках ВТМО позволяет получить упрочнение изделий, не требующее, как правило, дополнительной механической обработки. После ВТМО структура материала более устойчива, а прочность выше, чем непосредственно после закалки.

ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

НТМО в основном применяют только для обработки легированных сталей с большой устойчивостью переохлажденного аустенита. Сталь нагревают, затем подстуживают до температуры максимальной устойчивости переохлажденного аустенита и в этом состоянии,

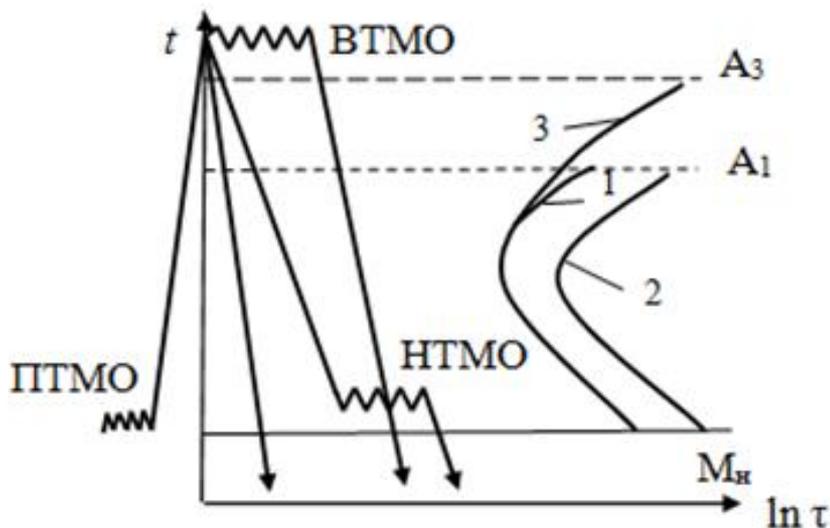
при температуре ниже порога рекристаллизации, деформируют с обжатием 30–40 %, после чего немедленно закаливают.



ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

При ПТМО деформация и нагрев под закалку разделены во времени: материал вначале подвергают механической деформации в холодном состоянии, а затем закалке и отпуску.

Иногда ПТМО предшествует ВТМО. Холодная пластическая обработка приводит к уплотнению пористой заготовки.



При обжатии до 30 % пористость порошковых материалов уменьшается до 4–2 %, а после деформации на 50 % изделия получают практически беспористыми.

ПТМО обеспечивает повышение прочности при некотором снижении пластичности, она наиболее технологична и не требует специального оборудования.

6. ЗАЩИТА ПОРОШКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ОТ КОРРОЗИИ

Коррозионная стойкость порошкового материала является одной из важнейших характеристик, зачастую определяющей саму возможность применения деталей из него в соответствующих конструкциях.

Наличие пор и поровых каналов приводит к увеличению активной поверхности материала, что вызывает развитие коррозионных

процессов одновременно на внешней и внутренней (в объеме порошкового тела) поверхностях.

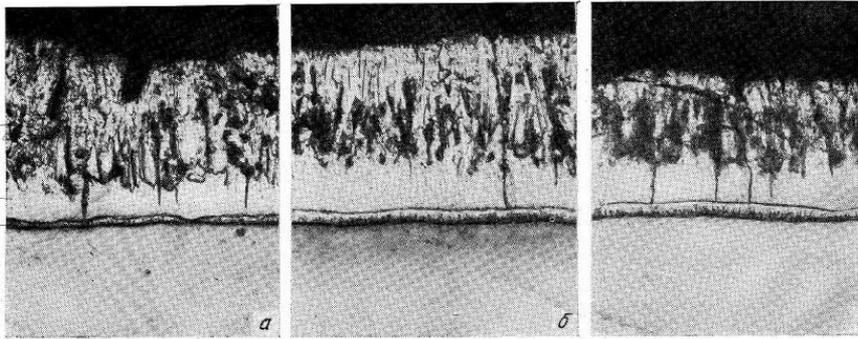


Рис. 78. Микроструктура электролитического цинкового покрытия после отжига при 450°С в течение 10 (а), 20 (б) и 30 мин (в). X 500

С целью защиты поверхности порошковых изделий от коррозии на нее наносят различные химические или электролитические покрытия: химическое никелирование, фосфатирование, электрохимическое никелирование, меднение, цинкование, кадмирование, хромирование и др.

ЗАЩИТА ПОРОШКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ОТ КОРРОЗИИ

Для предотвращения внутренней коррозии из-за попадания в поровые каналы химических растворов, используемых при создании защитного покрытия, пористые порошковые изделия (пористостью > 5–6 %) предварительно пропитывают разными веществами (смолами, битумными лаками, различными химически стойкими веществами).

Они образуют на поверхности пор плотные пленки, которые препятствуют действию химически активных растворов (электролитов),



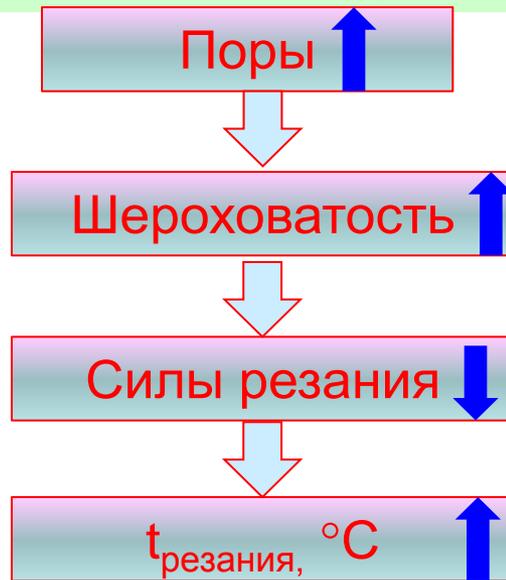
обладают достаточной электропроводностью и легко удаляются с поверхности изделия.

В последние годы для закрытия поверхностных пор расширяется применение так называемых анаэробных (т.е. способных полимеризоваться в отсутствие кислорода воздуха) герметиков. Они обладают хорошей проникающей и всасывающей способностью. В их состав входят полимеризационноактивное соединение-ингибитор (основа композиции), инициатор и модифицирующие добавки. При попадании в поровые каналы при отсутствии воздуха происходит полимеризация смолы, ее затвердевание и сцепление с металлической поверхностью.

7.МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Одним из условий применения обработки порошковых заготовок резанием является требование обеспечения точности размеров изделий и шероховатости поверхности (< 40 мкм). Точность и чистота механической обработки порошкового материала зависят от его пористости, химического состава, прочности, твердости и структуры.

Из-за низкой пластичности порошковых материалов образуется **стружка надлома.**



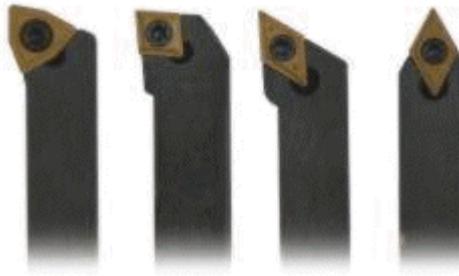
Наличие в порошковом материале пор сильно затрудняет его обработку резанием, снижает стойкость инструмента, хотя в этом случае

усилия резания всегда меньше, чем при обработке литых металлов и сплавов. Затрудненная обработка порошковых материалов связана с нестабильностью резания из-за наличия пор, нарушающих сплошность материала, пониженной теплопроводности (в зоне резания возрастает температура) и повышенной склонности пористых тел к окислению.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Обработку резанием порошковых материалов обычно проводят твердосплавным инструментом, так как алмазная обработка существенно удорожает получаемые изделия, а инструмент из быстрорежущей стали во многих случаях имеет низкую стойкость.

При обработке пористых порошковых материалов нельзя применять обычные охлаждающие и смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) на водной основе,



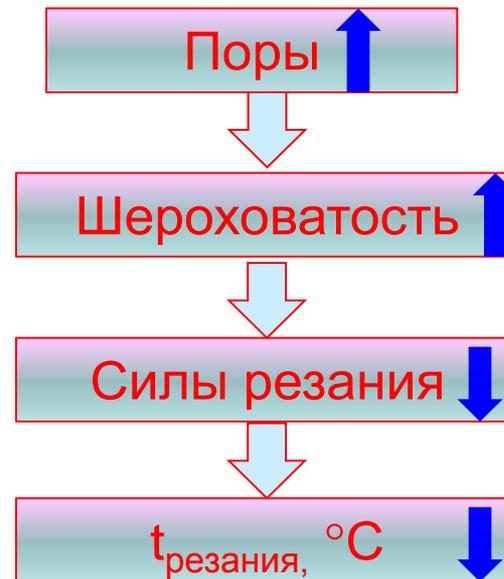
а также жидкости, содержащие щелочь или кислоты, так как их попадание в поры изделий вызывает коррозию как при хранении, так и при последующей эксплуатации.

Для охлаждения порошковых изделий при их обработке резанием применяют масла, эмульсии или инертные газы. Пропитка порошковых изделий маслом при последующей обработке резанием снижает шероховатость их поверхности, в 1,3–1,5 раза уменьшает усилие резания и позволяет в 2,5–4,0 раза повысить уровень допустимых скоростей резания.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

С повышением пористости порошковых изделий от 15 до 30 % повышается шероховатость их поверхности, но одновременно снижается усилие резания в 1,6–1,7 раза. При обработке резанием структура и свойства поверхностных слоев порошковой детали изменяются.

Правильно выбранный режим резания позволяет обеспечить на поверхности обрабатываемого изделия требуемые пористость, степень наклепа и уровень остаточных напряжений,



а также исключить появление микротрещин и прожогов, предотвратить отслаивание материала.

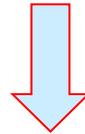
В общем случае стремятся уменьшить глубину резания. Это предотвращает значительную деформацию материала на поверхности изделий (прежде всего уменьшает «забиваемость пор»), что позволяет сохранить исходную структуру материала.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Точение. Выбор инструментального материала для точения порошковых изделий определяется экономической эффективностью, стойкостью и производительностью: пористые материалы на основе железа или меди (бронзы) целесообразно обрабатывать **твердыми сплавами группы ВК**.

Для материалов с повышенной пористостью можно использовать **минералокера-**

ВК → **V=50-200 м/мин**



V < 60 м/мин, поры ↑ Rz ↑

мику, а в случае материалов высокой твердости рекомендуется применять **сверхтвердые инструментальные материалы**.

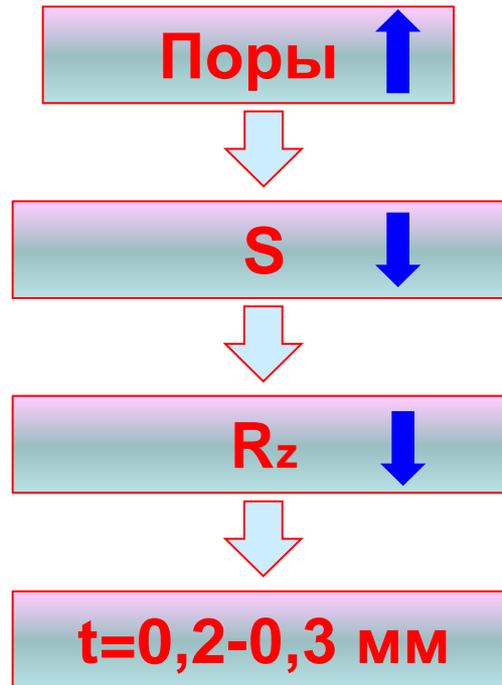
Скорость резания зависит от состава порошкового материала и типа инструментального материала – для резцов из твердого сплава она составляет 50–200 м/мин. Низкие скорости резания (до 60 м/мин) не рекомендуются для обработки пористых изделий на основе железа из-за большой шероховатости получаемой поверхности.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

При скорости резания > 80 м/мин шероховатость поверхности сильно снижается, отсутствует наростообразование. Стойкость резцов тем выше, чем ниже скорость резания.

$V \downarrow$ $T, \text{ мин} \uparrow$

Для получения поверхностей с малой высотой микронеровностей порошковые детали обрабатывают с подачей $< 0,1-0,12$ мм/об, чем больше пористость,



тем меньше подача; например, при пористости > 25 % рекомендуется подача $0,035$ мм/об, а при пористости < 24 % – $0,07$ мм/об.).

Оптимальная глубина резания составляет при обработке порошковых деталей $0,2-0,3$ мм.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Сверление и развертывание отверстий. Для этих видов резания порошковых деталей применяют сверла и развертки из быстрорежущей стали или оснащенные пластинками из твердых сплавов группы ВК. В качестве критерия износа принят износ по задней поверхности режущего инструмента в 0,3 мм (сверла) и 0,2–0,3 мм (развертки).

При сверлении порошковых железографитовых материалов **пористостью > 10 % целесообразно применять быстрорез**, а с **пористостью < 5 % – твердый сплав.**



Свёрла из
быстрорежущей стали с
напылением

Геометрические параметры сверл и структура обрабатываемых порошковых материалов оказывают на стойкость сверл более резкое воздействие, чем на стойкость резцов.

Твердосплавные
свёрла

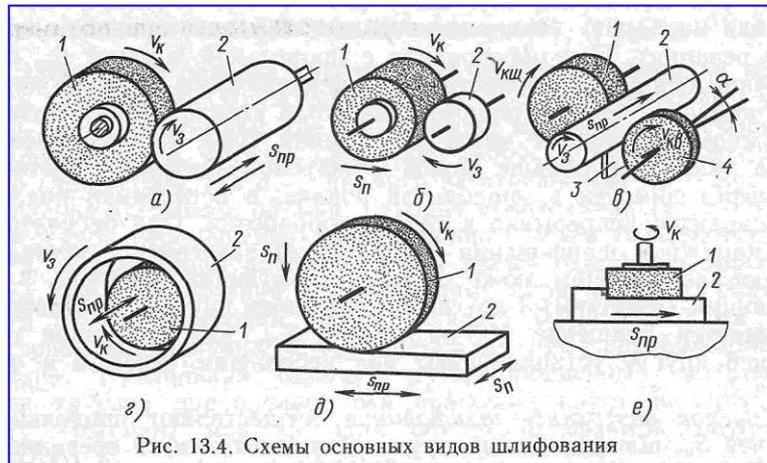


Необходимо помнить об уплотнении поверхностного слоя порошковой детали при сверлении. Развертывание отверстий в порошковых деталях после их сверления применяют с целью исправления формы, получения высоких чистоты поверхности и точности размеров. Развертки из быстрорежущей стали имеют недостаточную стойкость, особенно при скоростях > 30–40 м/мин, поэтому более **предпочтительны твердосплавные развертки.** При развертывании отверстий необходимо применять специальные охлаждающие жидкости (СОЖ).

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Шлифование. При этом виде механической обработки поверхностный слой порошковой детали уплотняется, что существенно изменяет его свойства, особенно повышая износостойкость. На уплотнение поверхностного слоя значительно влияет пористость: чем она выше, тем больше уплотнение.

Изменяя режим шлифования, можно регулировать свойства поверхностного слоя порошковых деталей.



Так, увеличение глубины шлифования с 0,01 до 0,1 мм приводит к росту микронапряжений на 15–30 %.

Одновременное увеличение подачи и уменьшение скорости стола станка при плоском шлифовании кругами из карбида кремния или электрокорунда приводит к снижению микротвердости в тонких поверхностных слоях порошковых изделий.

КАЛИБРОВАНИЕ

Калибрование. При обычном процессе порошковой металлургии можно получить детали сравнительно невысокой точности 10-12 кв и шероховатостью $R_z=20-10$ мкм. Калибрование представляет собой своеобразное допрессовывание спеченных заготовок. При его проведении происходит пластическая деформация поверхностных слоев обрабатываемой заготовки, которая приобретает требуемые размеры с точностью не менее 6–7-го квалитетов $R_a 2,5-6,3$ мкм.

Припуск на калибрование не может быть большим (обычно 0,5–2,0 % от калибруемого размера).

Калибруют как по одному (наружному или внутреннему диаметру), так и по нескольким параметрам.

Нужно иметь в виду, что **минимальный припуск необходимо брать в пределах 0,05-0,07 мм.** Калибрование проводят **как в пресс-формах**, в которых осуществляли прессование, так и в специальных **калибровочных пресс-формах**, что предпочтительнее. Детали, имеющие в структуре цементит, необходимо перед калибровкой отжигать.

ПРОПИТКА ИЗДЕЛИЙ МАСЛОМ

Пропитка изделий маслом (машинным или веретенным) при температуре 110...120°C происходит в течение 1 часа, Масло заполняет поры изделий и в процессе работы поступает по капиллярам к поверхности трения. Это в ряде случаев позволяет избавиться от смазки изделий в процессе работы и улучшает условия трущейся пары.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие важнейшие факторы, определяющие механические свойства порошковых изделий?
2. Каким видам термической обработки подвергают порошковые изделия?
3. В чем заключаются особенности проведения термической обработки порошковых изделий?
4. Каким видам ХТО подвергают порошковые изделия? В чем особенность проведения ХТО?
5. Какие особенности механической обработки порошковых изделий?
6. Как влияет наличие пор на характеристики процесса резания и стойкость режущего инструмента?

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Изучить процесс диффузионного отжига порошковых изделий.
2. Изучить процесс металлизации порошковых изделий.
3. Изучить процесс точения порошковых заготовок твердосплавным инструментом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология конструкционных материалов и материаловедение : учебное пособие / И. П. Гладкий, В. И. Мощенок, В. П. Тарабанова, Н. А. Лалазарова, Д. Б. Глушкова. – Харьков: ХНАДУ, 2014. – 528с.

2. Прейс Г.А. Технология конструкционных материалов / Г.А. Прейс и др. – К. : Выща шк., 1991.

3. Технология обработки конструкционных материалов: Учебн. Для машиностр. спец. вузов / П.Г. Петруха и др.; Под. ред. П.Г. Петрухи. – М.: Высш. шк., 1991. – 512с.



Кафедра технології металлов и материаловедения

Лалазарова Наталия Алексеевна

**г. Харьков, ул. Петровского, 25, ХНАДУ, КАФЕДРА ТМ и М
Tel.(8-057)707-37-92**