

ПОРОШКОВЫЕ СТАЛИ ИЗ РАСПЫЛЕННЫХ ВОДОЙ ПОРОШКОВ

В. Я. Огневой

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

В статье приведены свойства среднеуглеродистых порошковых конструкционных сталей, для которых использован железный и стальной порошки, полученные методом распыления водой через кольцевое щелевое сопло.

Ключевые слова: порошки, распыление, стали, термообработка

POWDER SPRAYED STEEL FROM WATER POWDERS

V. Ya. Ognevoy

Altai State Technical University, Barnaul, Russia

The article lists the properties of the powder medium-carbon structural steels, which are used for iron and steel powders, obtained by spraying water through the annular slit nozzle.

Keywords: powders, spraying, steel, heat treated

Получение порошков. В качестве исходного материала для порошков применяется скрап или окатыши. Получение порошков включает следующие этапы: плавка, распыление, сушка и обработка полуфабриката порошка, восстановление/обогащение, обработка готового порошка.

Плавка производится в электродуговой печи, температура выпуска около 1680 °С. Плавка технологически не отличается от про-

цесса в электродуговой печи в сталелитейном цехе: стальной скрап загружается в загрузочные корзины, а последние подвозятся к электродуговой печи и загружают ее.

Распыление производится водой через кольцевое щелевое сопло производительностью до 300 кг в минуту. Подача жидкого металла в сопло осуществляется из разливочного ковша (рисунок 1). Для повышения производительности используются несколько сопел.

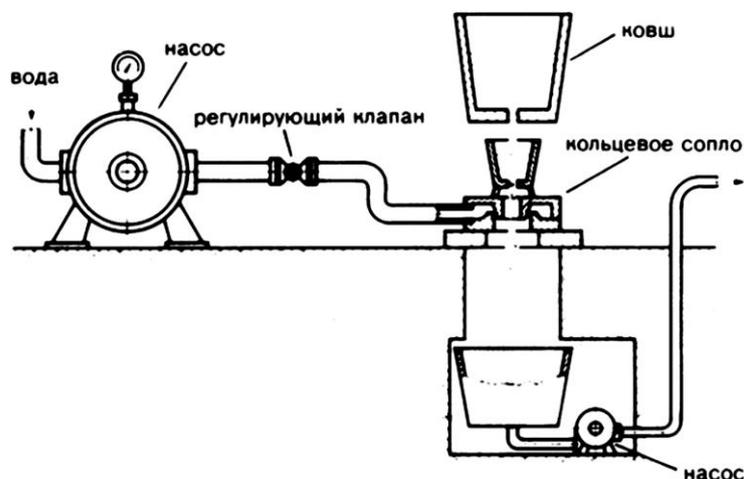


Рисунок 1 – Схема распыления металла водой в кольцевом сопле

Распыление производится вертикально сверху вниз, в бак, наполненный водой. Техническая вода, употребляемая для распыления, и порошок, падают в воду, находящуюся в баке, где порошок продолжает охлаждаться.

В процессе распыления суспензия железного порошка, которая образовывается в баке, откачивается. Так как через сопло проходят примерно 10 м^3 воды на тонну железа (~ 3000 литров/мин), то из бака откачивается такое же количество за единицу времени. Образующийся водяной пар выходит через специальную трубу для выпара и непрерывно заменяется свежей водой. Таким образом, техническая вода выполняет две задачи: она механически распыляет жидкую сталь и одновременно выводит теплоту, отведенную от стали, из системы распыления.

Распылением определяется примерно 50 % свойств порошка: гранулометрический состав, насыпная плотность, прессуемость и спекаемость. Эти свойства регулируются изменением давления воды, скорости разливки и параметрами самого сопла. Вторая половина свойств определяется во время восстановительного процесса.

Сушка порошка производится в три этапа: вначале суспензия проходит гидроциклоны, затем вакуум-фильтры, а затем влажный порошок проходит сушильную печь. Для промежуточного хранения порошок просеивают для удаления крупных кусков. В ряде случаев в сушильную секцию встраивается накопитель в форме силосов или бункеров, с тем, чтобы изменить неравномерный поток порошка в равномерный.

В секторе восстановления порошок отжигается в восстанавливающей атмосфере. Процесс отжига необходим, поскольку порошок в стадии распыления содержит всегда слишком много кислорода, а чаще всего и слишком много углерода. Кроме этого у порошка, изготовленного распылением, может возникнуть закалочная структура, из-за которой частицы слишком тверды, а поэтому порошок плохо прессуем.

Порошок, поступающий из восстановительной печи, подается в установку для обработки порошка. После восстановительного отжига порошок имеет форму пластин или коржей и в установке он измельчается и отсеивается по фракциям.

Упаковка и отгрузка железного порошка производится так же, как это делается с другими порошками. Для упаковки употребляют мешки из синтетического материала, барабаны из жести на поддонах, вместимостью

от 1 до 2 тонн нетто.

Прессование и спекание порошковых сталей. Для получения порошковых изделий использовали подготовленные порошковые смеси после смесителя, подвергали одностороннему прессованию в холодных пресс-формах и спекали в печах в защитной атмосфере диссоциированного аммиака. Для получения порошковых углеродистых сталей использовали железный порошок, полученный методом распыления расплава водой, порошки углерода и меди, для смазки добавляли стеарат цинка. Для получения легированных порошковых сталей вместо железного порошка использовали стальной порошок с добавкой порошков легирующих элементов.

Свойства сталей. На рисунке 2 показан уровень прочности спеченных углеродистой и низколегированной порошковых сталей после термической обработки в зависимости от плотности.

Сталь ПК40 в нормализованном состоянии достигает прочности 500 МПа, в улучшенном состоянии её прочность повышается до 820 МПа. Эта прочность сопоставима с прочностью компактных углеродистых сталей. Однако следует отметить, что при увеличении пористости порошковых сталей (уменьшении плотности) прочность уменьшается. Низколегированная порошковая конструкционная сталь ПК40ХН в улучшенном состоянии имеет уровень прочности уже 1200 МПа. Следовательно, порошковые углеродистые и низколегированные термически улучшенные стали могут конкурировать с компактными термически улучшенными сталями.

Применение горячего прессования (совмещение спекания с прессованием) прочность повышает незначительно (примерно до 850 МПа для улучшенной стали ПК40), однако значительно повышается ударная вязкость (до уровня 55 Дж/см^2 против $20 - 25 \text{ Дж/см}^2$).

Термическая обработка порошковых сталей. В порошковых сталях при термической обработке необходимо учитывать влияние пористости. Пористость снижает теплопроводность, степень переохлаждения аустенита и прокаливаемость. С повышением пористости уменьшается время устойчивости переохлажденного аустенита, S-образные кривые смещаются влево, область минимальной устойчивости аустенита наблюдается при более высоких температурах, повышается температура мартенситного превращения. Это вызывает необходимость повышения температуры основных технологических операций или использования более активных охлаждающих сред

ПОРОШКОВЫЕ СТАЛИ ИЗ РАСПЫЛЕННЫХ ВОДОЙ ПОРОШКОВ

при термической обработке порошковых конструкционных пористых сталей. Повышение пористости уменьшает закаленную зону и способствует получению на поверхности изделий вместо структуры чистого мартенсита структуры мартенсито-бейнита или даже троостита;

при переходе от поверхности вглубь изделия может наблюдаться переход от мартенсито-бейнитной структуры к трооститной и даже к сорбитной (закалка в воду и в растворы солей в воде) или от трооститной структуры к сорбитной (закалка в масло) (таблица 1).

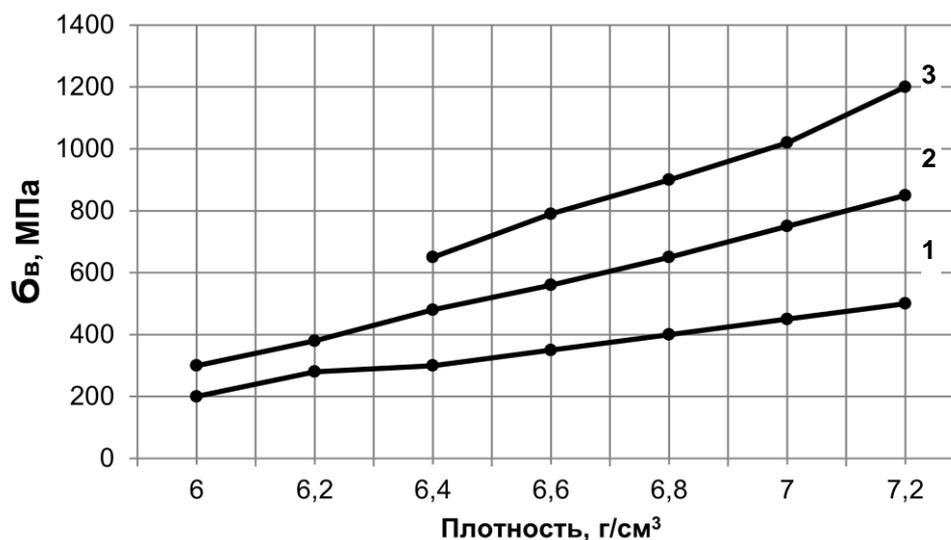


Рисунок 2 – Прочность порошковых углеродистых сталей: 1 – сталь ПК40, нормализация; 2 – сталь ПК40, улучшение; 3 – сталь ПК40ХН, улучшение

Таблица 1 – Режимы ТО порошковых конструкционных сталей

Марка стали	Режим ТО			Твердость, HRC	Микро-структура после ТО
	Тзак., °C	Охл. среда	Тотп., °C		
ПК40-6,4	820 – 840	вода	180 – 200	30 – 32	С + Т
		масло		10 – 12	Ф + С
ПК40-6,8	820 – 840	вода		49 – 51	М
		масло		35 – 36	С + Т
ПК40-7,6	810 – 830	вода		60 – 64	М
		масло		40 – 50	М

Примечание: Ф – феррит, С – сорбит, Т – троостит, М – мартенсит

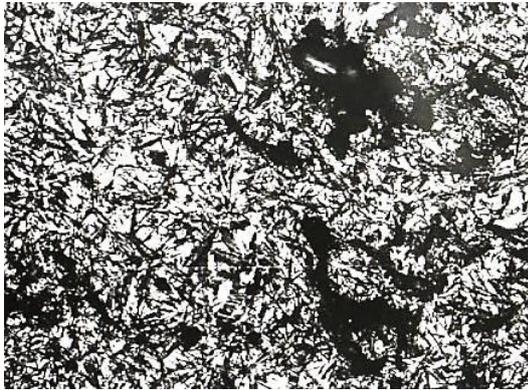
Температура нагрева под закалку для углеродистых порошковых конструкционных сталей превышает температуру критической точки A_{c3} на 50...80 °C. В качестве закалочных среды рекомендуется вода или водные растворы солей; замена воды на масло снижает твердость среднеуглеродистых пористых сталей на 12 – 15 ед. HRC, высокоуглеродистых – на 2 – 3 ед. HRC. Температура нагрева под закалку для низколегированных порошковых сталей превышает температуру

точки A_{c3} на 60...80 °C. В качестве закалочных сред рекомендуется вода или водные растворы солей; для сталей, склонных к охрупчиванию и коррозионному растрескиванию, предпочтительно применение масел.

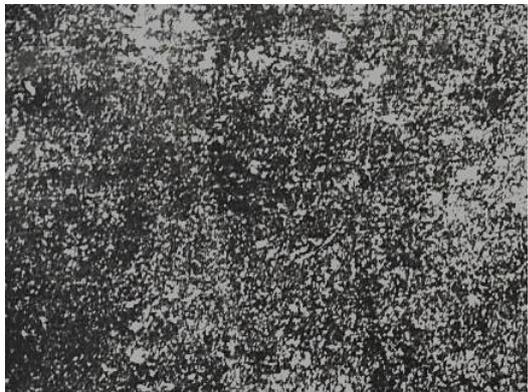
Температурные режимы отпуска и его технологические особенности для пористых сталей идентичны отпуску традиционных сталей, полученных по обычной металлургической технологии. Беспористые стали обрабатываются также как и обычные.



а



б



в

Рисунок 3 – Микроструктуры порошковых конструкционных сталей после закалки и отпуска: а – ПК40-6,8, низкотемпературный отпуск, мартенсит отпуска + поры; б – ПК40-7,2, среднетемпературный отпуск, тростит зернистый + поры; в – ПК40-7,4, среднетемпературный отпуск, сорбит зернистый

Микроструктуры порошковых конструкционных сталей после закалки и отпуска показаны на рисунке 3.

Список литературы

1. Огневой В.Я. Прессование порошков, пластмасс и композитов. Учебное пособие /В.Я. Огневой; Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2009. – 100 с.
2. Огневой В.Я. Марки и применение сталей. Справочник / В.Я. Огневой; Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2011. – 85 с.

Огневой Валерий Яковлевич – к. т. н., доцент

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ), г. Барнаул, Россия