

СЫРЬЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СПЕЧЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Д-р техн. наук, проф. Е.М. ФАЙНШМИДТ, д-р техн. наук, проф. В. Ф. ПЕГАШКИН,
канд. техн. наук, доц. Л. А. БАБЫШЕВА

Рассматриваются методы получения порошковых сталей. Обозначена большая зависимость структурообразования многокомпонентных систем от множества параметров технологического процесса. Приведены методы получения порошков черных металлов: распылением расплава чугуна или стали сжатым воздухом, газом; водой высокого давления; восстановлением железа из окалины проката низкоуглеродистых сталей. При описании методов рассматривается влияние различных факторов на получение высокоплотных сферических порошков, возможность регулирования формы и размеров частиц.

The effect of the way of producing powder steels by means of cold pressing is examined. The dependence of multi-component systems structure formation on numerous parameters of the technological process is demonstrated. Such methods of producing iron- and steel powders as spraying of molten iron or steel by means of compressed air (gas) or highly pressed water, iron reduction from low-carbon steels mill scale are presented. The influence of different factors on manufacturing compact spherical powders and the possibility to regulate particles' shape and dimensions are also examined.

Одна из важных проблем порошковой металлургии — создание новых материалов с повышенными физико-механическими свойствами для изготовления деталей, работающих в условиях статических и динамических нагрузок. Преимущества порошковой металлургии — высокий коэффициент использования металла, экономия металлопроката, снижение трудоемкости изготовления изделий, безотходная технология — обеспечивают все более широкое распространение этого метода производства деталей. Промышленностью освоены процессы получения порошковых материалов, разнообразных по составу, свойствам и назначению. Среди них основное место занимают материалы на основе железа — порошковые стали.

Свойства порошковых сталей определяются, в первую очередь, структурой, которая зависит от химического состава материала и «предыстории» его изготовления. Под «предысторией» имеются в виду все звенья технологической цепи: от получения частиц порошка до изготовления изделия прессованием, спеканием и последующих обработок.

Структура порошковых сталей состоит из металлических фаз, неметаллических включений (графита, оксидов, карбидов, сульфидов, нитридов) и пор. По сравнению с литыми сталями порошковые отличаются значительной загрязненностью неметаллическими включениями. Это связано с особенностью технологии порошковой металлургии: изделие изготавливают, минуя плавление и рафинирующую обработку расплава с целью удаления вредных примесей. Например, технический железный порошок марки ПЖ4 содержит до 1 мас. % кислорода (ГОСТ 9849-74). Поэтому содержание примесей и неметаллических включений в промышленных сталях на основе этого порошка в сотни раз выше, чем в литых.

Широко распространенный пока в порошковой металлургии способ получения сталей холодным прессованием и спеканием из смесей порошков железа, углерода и легирующих элементов приводит к значительной пористости и гетерогенности структуры порошко-

вых изделий. Поры, их форма, размер и количество оказывают существенное влияние на процессы структурообразования. Ослабляя контакты структурных составляющих порошковых изделий и являясь концентратором напряжений, остаточная пористость снижает механические свойства сталей, особенно пластичность.

В настоящее время в промышленности находят применение порошковые стали, представляющие собой многокомпонентные системы, содержащие большое количество легирующих элементов. Структурообразование таких систем находится в сложной зависимости от значительного количества параметров технологического процесса, включая все его стадии, а также от термической и химикотермической обработок. Отклонение какого-либо технологического фактора от его оптимального значения проявляется в формировании дефектных, аномальных структур и характеризуется повышенной загрязненностью неметаллическими включениями, выделением карбидных и интерметаллидных фаз по границам зерен, ростом зерна, структурной гетерогенностью.

Гетерогенность, степень которой определяется диффузионными процессами и зависит от температуры и времени спекания, а также от типа легирующих добавок и способов их ввода, ведет к образованию промежуточных структур, нередко ухудшающих прочностные и пластические свойства сталей [1].

Многообразие методов производства металлических порошков связано с необходимостью обеспечения заданного химического состава, а также технологических свойств, в частности, имеется в виду форма частиц, структура, оптимальный гранулометрический состав, текучесть, заданная насыпная масса, спекаемость. Поскольку такие параметры металлов, как плотность, температура плавления, сродство к кислороду и другие, сугубо индивидуальны, варьируются и методы получения порошков.

Порошки черных металлов получают, главным образом, одним из двух методов: распылением расплава чугуна или стали сжатым воздухом, газом, водой высокого давления [2]; восстановлением железа из окалины проката низкоуглеродистых сталей [3]. Известны также карбонильный, электролитический, гидрометаллургический, механический, газофазный и другие специальные методы (однако не имеющие, как правило, промышленного распространения).

От способа получения зависят формы частиц. Различают сферическую, округлую (менее правильная), нитевидную, губчатую, угловатую, осколочную, хлопьевидную, дендритную, чешуйчатую, пластинчатую, дискообразную, кораллоподобную формы железных порошков. При распылении расплавов газом, воздухом или водой в большинстве случаев образуются сферические частицы различного размера: мелкая фракция — диаметром менее 50 мкм; средняя — 60...200 мкм; крупная — свыше 200 мкм. Изменяя параметры распыления расплава, повышая его вязкость и т.д., можно получить и несферические формы, например губчатую, кораллоподобную (они более технологичны с точки зрения прессования и спекания).

Для порошков, полученных восстановлением оксидов из окалины проката, характерна сложная форма частиц с развитой поверхностью. Электролитические порошки имеют форму дендритов, карбонильные — сферическую либо нитевидную. Порошки, полученные механическим размолотом в шаровых или вихревых мельницах, имеют угловатую, осколочную или дискообразную форму.

Железные порошки, получаемые гидрометаллургическими методами из железных руд, в зависимости от способа изготовления (хлоридный, содовый, автоклавный) также могут иметь разнообразные формы: от округлой, сглаженной, определяемой уровнями разлома руды, до хлопьевидной, шероховатой, полученной в результате химической обработки, выщелачивания обогащенных концентратов руд.

Выщелачивание — извлечение компонентов из твердых материалов при помощи экстрагентов, осуществляется в специальных химических аппаратах — экстракторах (отсюда другое название — экстракция, экстрагирование). Частицы кораллоподобные, мелкие (до 100 мкм).

Для получения порошков железа, кобальта, никеля, вольфрама, молибдена используют метод восстановления — воздействие водородом, углеродом, генераторным либо природным газом, гидридом кальция либо кальцием на окислы (химически чистые или технические) или же на соответствующие фтористые соли при повышенной (700...900 °С) температуре. Спекшуюся при этом массу затем превращают в порошок механическим путем, измельчая в шаровых, молотковых либо вихревых мельницах.

Метод распыления расплавов. Струя жидкого металла интенсивно разрушается под действием внешней силы. В качестве энергоносителя вначале применялся сжатый воздух, затем — инертные газы, которые позволяют получать высокоплотные сферические порошки. Применение воды высокого давления делает возможным регулирование формы и размеров частиц.

Появилось множество разновидностей процесса распыления: струя металла дробилась с помощью вращающегося диска или же капли расплава вылетали из вращающегося перфорированного стакана. Далее появилась технология, использующая вращающийся электрод особой конфигурации. Распылением производится большинство порошков цветных металлов, в том числе меди, латуни, бронзы, алюминия, цинка, олова и припоя на его основе, свинца.

При необходимости получения неокисленной поверхности, а также в целях повышения чистоты металла распыление может проводиться в условиях неглубокого вакуума ($10^{-2} \dots 10^{-4}$ атм).

Распыление может осуществляться воздухом или водой высокого давления. Так, для получения плотных, не окисленных сферических порошков ведется распыление аргоном или азотом; для получения частиц неправильной формы, малоокисленных распыление осуществляется водой; при отсутствии оксидных пленок на поверхности металла для распыления используют воздух.

Распылением, главным образом горячим дутьем, производится большая часть порошков металлов с низкой температурой плавления (цинка, свинца, олова). Порошок олова получается чрезвычайно тонкой фракции — до 70 мкм, свинца и цинка — до 100...450 мкм, форма — неправильная. Порошки меди, бронзы, латуни изготавливаются методами распыления водой или сжатым воздухом. При этом распыленные водой порошки имеют неправильную (дендритную, осколочную) форму; расплавленные воздухом — округлую, близкую к сферической.

Получаемые воздушным распылением порошки алюминия имеют неправильную, четко выраженную осколочную форму частиц, так как оксид алюминия тугоплавкий и препятствует сфероидизации.

Одним из вариантов диспергирования является центробежное распыление. Этот метод заключается в том, что на струю металла действует не газообразный или другой энергоноситель, а удар биллом или центробежная сила, разрушающая расплав и отбрасывающая капли к стенкам камеры.

Метод восстановления оксидов имеет ряд разновидностей: автоклавный процесс, карбонил-процесс, металлотермия и др. Сущность автоклавного метода заключается в восстановлении металла водородом из водных растворов солей при температуре до 200 °С, давлении от 2 до 5 МПа, он применяется для получения порошков меди и никеля.

Карбонильный метод восстановления используется при изготовлении порошков никеля, кобальта, пермаллоев, высококачественного железного порошка. Этим методом получают карбонил металла, например $\text{Ni}(\text{CO})_4$, который затем подвергают термическому разложению при 300...400 °С. Порошки имеют высокую степень чистоты, тонкодисперсны.

Электролиз — основной метод изготовления порошков повышенной чистоты, в основном — меди. Используя катоды высокой чистоты, удается получать порошок, содержащий 99,9 % меди.

Учитывая трудности изложения в кратком обзоре огромного множества методов и способов получения порошков, в таблице мы привели укрупненную классификацию этих методов.

Таблица

Методы изготовления порошка

Методы	Частицы		Степень химической чистоты, %
	форма	размер, мкм	
1. Химические			
1.1. Восстановление (углеродом, кальцием, гидратом кальция)	осколочная	5...50	94,0...95,0
1.2. Термическая диссоциация	сферическая	10...50	99,0...99,5
1.3. Электролиз	дендритная	10...100	98,5...99,5
1.4. Гидрирование	осколочная	5...30	98,5...99,0
2. Механические			
2.1. Размол			
а) в шаровых мельницах	осколочная	5...30	98,5...99,0
б) в вихревых мельницах	лепестковая	5...30	98,5...99,0
2.2. Распыление расплава с охлаждением			
а) в газах	сферическая	50...400	97,0...99,0
б) в жидкостях	осколочная	30...250	97,0...99,0

Многообразие методов получения порошков как чистых металлов, так и сплавов сложного состава настолько велико, что, например, только подборка патентов США за период 1974-1984 гг. содержит их свыше 220 [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Файншмидт Е. М., Пегашкин В. Ф., Пумпянская Т. А. Спеченные материалы и безотходные технологии в машиностроении. — Н.Тагил: НТИ УГТУ-УПИ, 2004. — 199 с.
2. Ничипоренко О. С., Найза Ю. И., Медведевский А. Б. Распыленные металлические порошки. — Киев: Наукова Думка, 1980. — 240 с.
3. Акименко В. Б., Буланов В. Я., Рукин В. В. Железные порошки. — М.: Наука, 1982. — 263 с.
4. Новые процессы и материалы порошковой металлургии: пер. с англ. / Под ред. Я.Х. Явербауля — М.: Металлургия, 1983. — 360 с.