

1 НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ И НАДЕЖНОСТЬ МАШИН

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОНТАКТНЫХ КОЛЕЦ ПАР ТРЕНИЯ ТОРЦОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ С ИЗНОСОСТОЙКОЙ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

ГОЛУБ М.В., ГОЛУБ В.М. (*Брестский политехнический институт*),
ВИТАЛИС ПУЧИНСКИЙ (*Белостокская политехника, Польша*)

Выбор материалов пар трения торцовых уплотнений - сложная и ответственная задача. Имеется ряд рекомендаций авторов / 1,2 /, не весьма удачных, по выбору материалов пар трения в зависимости от свойств уплотняемой среды и условий эксплуатации уплотнений. В настоящее время для изготовления контактных колец широкое применение получают композиционные материалы и покрытия / 3 /, сочетающие в себе хорошие антифрикционные характеристики, высокую теплопроводность, твердость и износостойкость. К таким материалам и покрытиям относятся композиционные материалы, получаемые из разнозернистых порошков карбида вольфрама при их спекании и пропитке медесодержащими сплавами.

Технологические приемы металлокерамического производства позволяют изготавливать материалы из металлических и минералокерамических компонентов, обеспечивая высокую степень взаимодействия и связи между собой на межфазных границах переходов. Получение прочных связей компонентов при спекании и пропитке обеспечивается тесным контактом зерен, их подплавлением при наличии жидкотекучей связи с хорошим смачиванием поверхностей взаимодействия.

Теория жидкофазного спекания изложена в ряде работ, в том числе, М. Ю. Бальшина / 4 /, В.Джонса / 5 /, И.М.Федорченко / 6 /. В основном теория базируется на принципе, по которому принимается, что жидкая фаза полностью смачивает твердую и частично или целиком ее растворяет. При спекании и пропитке твердых зерен преобладают капиллярные процессы. Степень затекания жидкой фазы в поры между твердыми частицами определяется размерами этих пор и возможностью свободного выхода из них газов.

В простейшем случае, когда тело образовано твердыми сферическими

частицами, его пористость, т. е. отношение объема пор к объему всего тела, зависит от способа упаковки частиц. В теории фильтрации такую пористость, составленную из частиц сферической формы, называют фиктивной / 7 / . При кубической упаковке сферических частиц пористость легко определить как

$$m = \frac{d^3 - \frac{\pi d^3}{6}}{d^3} = \left(1 - \frac{\pi}{6}\right) \quad (1)$$

Пористость не зависит от размера частиц. Для кубической упаковки пористость $m = 0,476$. Каждая элементарная пора имеет форму октаэдра, грани которого представляют сферические вогнутые поверхности.

Наиболее плотная упаковка - ромбоэдрическая . Упрощенная модель фиктивной пористой среды может быть представлена элементарной ячейкой - ромбоэдром, в вершинах которого расположены центры восьми соприкасающихся частиц шаров . Пористость такой фиктивной упаковки определяется по формуле

$$m = \left(1 - \frac{\pi \sqrt{2}}{6}\right) \quad (2)$$

Наименьшая пористость в данном случае $m = 0,259$.

Одним из путей уменьшения пористости спрессованного каркаса является применение разнозернистых порошков. Так, если рассматривать кубическую упаковку, то исходя из геометрических размеров сферических частиц большего диаметра d , внутрь элементарной поры может быть помещена частица меньшего диаметра $(\sqrt{3} - 1) d$ и пористость уменьшится.

Реальное пористое тело не всегда имеет частицы строго сферической формы. Конкретно частицы литого карбида вольфрама, применяемые для получения композиционного материала или покрытия, вообще далеки от сферической формы . Макроскопические измерения зерен карбида вольфрама различных фракций позволили установить основные соотношения размеров / табл.1 / .

Таблица 1

Размерные соотношения	Средний размер зерен, мм	
	Фракция до 0,4 мм	Фракция до 01 мм
Длина, L	0,405	0,110
Ширина, b	0,275	0,078
Высота, h	0,240	0,068
Отношения, h: b: L	1,0: 1,14: 1,68	1,0: 1,14: 1,61

Чтобы применить теоретические предпосылки изложенные выше и как-то оценить пористость реального тела спрессованного из частиц неправильной формы, можно в первом приближении представить их как сферические с эквивалентным диаметром d_i

$$d_i = \frac{l + b + h}{3} \quad (3)$$

а затем при определении пористости тела ввести коэффициент формы K_ϕ , учитывающий несферичность применяемых частиц порошков, тогда пористость можно посчитать, как

$$m_p = K_\phi \cdot m \quad (4)$$

Значение коэффициента формы K_ϕ можно определить как отношение эквивалентного диаметра d_i частицы к диаметру ячейки верхнего сита d фракции. В зависимости от размера фракции, $K_\phi = 0,8...0,9$. Зная пористость спрессованного брикета можно определить необходимый объем пропиточного материала. При этом следует учесть объем занятый введенным пластификатором, составляющим 5...10 % от объема тела. Таким образом, минимальный объем пропиточного материала определится как

$$V = K_\phi \cdot K_n \cdot m, \quad (5)$$

где K_n - коэффициент, учитывающий наличие в шихте пластификатора.

Объем пропиточного материала или, что тоже самое, количество жидкофазного расплава играет важную роль в процессе получения качественного композиционного материала. С изменением жидкотекучей фазы меняется и каркас композиционного материала. При неплотной упаковке твердых зерен они разобщены и вкраплены в матрицу пропиточного сплава. При плотной упаковке отмечается подплавление твердых зерен и срастание между собой с образованием прочного каркаса.

На плотность упаковки оказывает влияние давление прессования.

Прессование способствует тесному контакту частиц. Однако, при высоком давлении прессования возможно образование замкнутых пор, в которые не может проникнуть жидкая фаза пропиточного сплава. Проведены исследования по определению зависимости пористости от давления прессования. Методика предусматривала прессование порошков карбида вольфрама зернистостью 0,10...0,65 мм различным давлением, взвешивание и обмер образцов, пропитку образцов маловязким маслом, взвешивание образцов после пропитки и расчет объема порового пространства. По результатам построен график зависимости пористости образцов от давления прессования / рис.1 /. Отмечено, что уменьшение пористости происходит только в интервале давления прессования до 200 МПа. Однако, если подходить с позиции наилучшего контакта между частицами прессуемого материала, то в большинстве случаев увеличение давления прессования положительно влияет на спекание, во всяком случае в тех пределах, где оно не является причиной образования замкнутых пор.

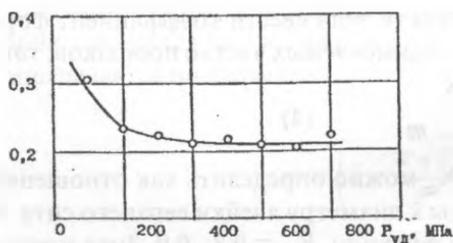


Рис. 1. Зависимость пористости от давления прессования.

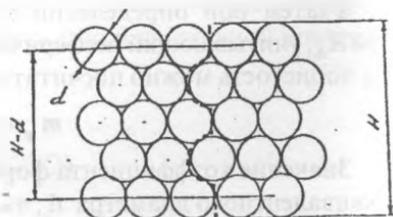


Рис. 2. Схема определения длины капилляра.

Среда спекания и пропитки - один из важнейших факторов, влияющих на качество получаемого композиционного материала. Среда служит защитой материала от действия кислорода и водородных паров. Эта защита может быть пассивной /инертный газ/ или активной /водород/. Хорошо очищенный инертный газ снижает парциальное давление кислорода и водяных паров, предохраняет от окисления материал, но не разрушает окисных пленок, которые могут быть на частицах порошка еще до начала спекания. Водород восстанавливает окисные пленки, благодаря чему ускоряет и улучшает спекание и пропитку. Вакуум с одной стороны пассивная защита, поскольку не является восстановителем окисных пленок, а с другой стороны - активная, так как содействует испарению этих пленок и удалению адсорбированных газов и газов из открытых пор.

Время пропитки материала пропиточным расплавом можно определить, используя кинематическое уравнение для продвижения жидкости в капилляре / 8 /

$$h_2 = \frac{\sigma_{ж} \cdot \cos \Theta}{2 \cdot \mu} \cdot r \cdot \tau \quad (6)$$

где $\sigma_{ж}$ - поверхностное натяжение жидкой фазы; Θ - краевой угол смачивания; μ - вязкость жидкой фазы; r - средний радиус капилляра; τ - время пропитки; h - длина капилляра. В первом приближении длину пути прохождения жидкости по капилляру можно определить, приняв модель пористого тела, составленного из сферических частиц / рис.2 /, как

$$h = H + \frac{\pi}{4} (H - d) \quad (7)$$

Таким образом, исходя из (6) можно определить время пропитки, как

$$\tau = k_1 \cdot k_2 \frac{2 \cdot \mu \left[H + \frac{\pi}{4} (H - d) \right]^2}{r \cdot \sigma_{ж} \cdot \cos \Theta} \quad (8)$$

где k_1 - коэффициент, учитывающий технологические факторы (среда, скорость нагрева и т.д.), $k_1 = 1,05 \dots 1,30$; k_2 - коэффициент увеличения времени, необходимого для выравнивания температуры расплава, $k_2 = 1,05 \dots 1,20$. На практике обычно $t = 15 \dots 20$ мин. Температура пропитки принимается выше температуры плавления пропиточного материала на $50 \dots 100$ °С, но ниже плавления стальной основы контактного кольца.

Технология изготовления колец пар трения торцовых уплотнений с износостойкой рабочей поверхностью из композиционного материала предусматривает: выбор материала и изготовление заготовок колец; приготовление шихты; очистка заготовок и прессование контактного слоя; приготовление пропиточного сплава; спекание и пропитка запрессованного слоя; охлаждение; механическая обработка.

При выборе материала основы колец пар трения необходимо учитывать условия спекания и пропитки контактного слоя. Особенностью изготовления колец пар трения с износостойкой контактной поверхностью является то, что соединяются разнородные материалы, как по химическому составу, так и по физико-механическим свойствам. Эти материалы должны хорошо смачиваться пропиточным расплавом и не вызывать в наплавленном контактном слое остаточных напряжений. Наиболее полно этим требованиям удовлетворяют конструкционные стали аустенит-

ного класса.

Шихту для прессования получают путем смешения исходных компонентов. Для улучшения формуемости шихты при прессовании производится грануляция порошков, которая заключается в образовании временных комочков, состоящих из частиц шихты. Формуемости шихты способствуют вводимые склеивающие и пластифицирующие добавки. Пропиточный сплав получают путем сплавления исходных компонентов. Если в получаемом сплаве должно содержаться больше меди, то расплавляют сначала ее, а затем другие тугоплавкие металлы. Пропиточный материал равномерно накладывает на напрессованный слой. Спекание и пропитка ведется в электроводородных или электровакуумных печах. Охлаждение заготовок ведется с охлаждением печи. Механическая обработка включает токарную, шлифовальную и доводку. Шлифование контактных поверхностей можно производить на плоскошлифовальных или внутрикруглошлифовальных станках с использованием алмазного инструмента. Доводка контактных поверхностей выполняется на плоскопритирочных станках с применением алмазных паст.

Литература

1. Майер Э. Торцовые уплотнения. Перев. с нем. - М.: Машиностроение, 1978, - 288 с.
2. Уплотнения и уплотнительная техника. Справочник. Под ред. А. И. Голубева. - М.: Машиностроение, 1986 - 464 с.
3. М. В. Голуб. Износостойкие композиционные материалы на основе карбида вольфрама, меди и никеля. Эффект безизносности и триботехнологии, 1994, N1, с.24-39.
4. Бальшин М. Ю. Научные основы порошковой металлургии и металлургии волокна. - М.: Металлургия, 1972. - 336 с.
5. Джонс В. Основы порошковой металлургии. Прессование и спекание. - М.: Мир, 1965.
6. Федорченко И.М., Пучина Л.И. Композиционные антифрикционные материалы. - Киев: Наукова думка, 1980 - 401 с.
7. Полубаринова - Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод. 2-е изд. - М.: Наука, 1977, - 664 с.
8. Современные проблемы порошковой металлургии. Под ред. Федорченко И.М. Киев: Наукова думка, 1970.