

ном объекте трения, ложных изображений, для устранения которых, предлагается метод совмещения АИ с их оптическими аналогами (Рисунок 2).

С выхода эхотомоскопа АИ, через видеоадаптер, поступает в ПК. Туда

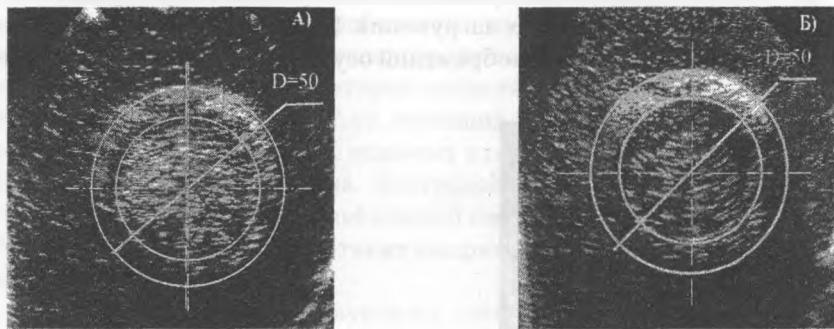


Рисунок 2 Акустические изображения пары трения "вал-штулка", при разных режимах нагружения, с использованием метода совмещения акустического и оптического изображения: А) Частота вращения  $n = 400 \text{ min}^{-1}$ ; Нагрузка  $N = 500 \text{ Н}$ ; Б) Частота вращения  $n = 400 \text{ min}^{-1}$ ; Нагрузка  $N = 2000 \text{ Н}$ .

же вводится и оптическое изображение чертежа сечения исследуемого объекта с помощью оптического сканера. Затем, программно осуществляется их совмещение и обработка. В результате удается устранить ложные изображения и появляется возможность установления качественно новых критериев определения трибологических характеристик объектов, подвергающихся трению, по площади и яркостным характеристикам областей их контакта.

## ПОРОШКОВЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ СТАЛИ

*Машинский В.В., Мартиновская О.В.  
Брестский политехнический институт*

Высокая эффективность порошковой металлургии реализуется при изготовлении изделия, которые невозможно или невыгодно получать другими методами. Это, например, фрикционные изделия на железной основе для высоконагруженных тормозных систем, контактные изделия на

основе серебра и из вольфрамо-медного сплава, фильтры из металлических порошков, твердые инструментальные сплавы, уплотнительные устройства центробежных насосов, самосмазывающиеся подшипники скольжения и многие другие детали, без которых сегодня немыслимо создание новой техники и технологии. Метод порошковой металлургии позволяет также изготавливать машиностроительные материалы и изделия, которые могут быть получены и другими методами, но с иными технико-экономическими показателями. Решающими факторами при переводе изготовления изделия на метод порошковой металлургии является их себестоимость, трудоемкость и технологичность, масштабы производства. Хотя стоимость порошков выше стоимости компактных материалов, однако расходы на основные материалы на единицу продукции порошковой металлургии всегда ниже, чем, например, при обработке металлов резанием. Объясняется это прежде всего повышением коэффициента использования металла до 0,97 против 0,5÷0,6 при обработке резанием. Практика показала, что порошковые изделия обладают и значительной эксплуатационной стойкостью [1], особенно изделий, работающих в условиях высоких нагрузок и агрессивных сред.

Еще больший эффект достигается при изготовлении изделий из порошков дорогих и редких металлов, когда стоимость отходов металлообработки намного превышает производственные расходы [2].

Особое место в машиностроении, очевидно, занимают не антифрикционные или магнитно-твердые сплавы, а порошковые конструкционные стали, которые подвергаются различным видам термической обработки (закалке, отжигу, отпуску, нормализации) для изменения каких-либо физических свойств. Основные закономерности термической обработки порошковых сталей и процессы, протекающие при их нагреве и охлаждении, аналогичны соответствующим процессам для компактных материалов. Однако наличие пористости, неоднородность структуры требуют корректировки, а в ряде случаев и изменении режимов, условий и приемов термообработки спеченных сталей, которые могут значительно отличаться от обработки компактных материалов соответствующего химического состава.

Основное влияние на процессы превращений оказывает пористость. Прежде всего поры препятствуют росту зерна аустенита, размер которых в порошковых сталях намного меньше, чем в компактных [1].

Уменьшение пористости сталей сопровождается прогрессирующим ро-

стом зерна. Соответствующая термическая обработка высокоплотных сталей способствует получению более мелкозернистой и однородной структуры, чем после спекания порошков.

Пористость оказывает влияние на положение критических точек, вызывая их смещение по сравнению с компактными материалами: с ее повышением с 15 до 40% точки  $A_{c1}$  снижаются с 800 °С до 600 °С, точки  $A_{r1}$  повышаются с 500 °С до 900 °С. Основная причина такого явления – снижение теплопроводности высокопористых сталей. Пористость влияет и на температуру начала мартенситного превращения ( $M_n$ ), смещая её в область повышенных температур. (Например, для стали У12 повышение пористости от нуля до 30% повышает  $M_n$  с 200 °С до 320 °С).

Введение легирующих элементов в порошковые стали, особенно хрома и молибдена, существенно влияет на содержание углерода в твердом растворе закаленных сталей. Так, в стали ЖГр1 углерода 0,77%, в стали ЖГр1Х2М2 — 0,68%, в стали ЖГр1Х12М2 — 0,28%. При этом наблюдается и резкое снижение твердости этих сталей после закалки, соответственно с HRC<sub>3</sub> 60 до HRC<sub>3</sub> 40. Это объясняется тем, что содержание углерода в мартенсите хромомолибденовых спеченных сталей тем меньше, чем больше в них хрома и молибдена, так как значительное количество углерода связывается в карбиды легирующих элементов. В связи с повышением температуры закалки до 840-970 °С, соответственно для сталей ЖГр1 и ЖГр1Х12М2, увеличивается количество остаточного аустенита, который становится более однородным и устойчивым. Обработка холодом при температурах ниже конца мартенситного превращения в течение 2000-5000 с сразу же после закалки снижает процент остаточного аустенита с 25 до 10%, однако это не приводит к повышению твердости. Продолжительность нагрева, как и для компактных сталей, зависит от размеров изделия и от скорости превращений. В качестве охлаждающей среды при закалке рекомендуется применять воду, водные растворы солей, щелочей (10% раствор NaOH) и масло. Положительное влияние на закаливаемость спеченных сталей оказывает подвод ультразвуковых колебаний к охлаждающей жидкости из-за быстрого разрушения паровой рубашки и облегченного проникновения жидкости вглубь материала, что обеспечивает повышение скорости охлаждения [1, 2].

#### Литература

1. О.В.Роман, И.П.Габриелов. Порошковая металлургия — безотходная энергосберегающая технология. Мн., “Беларусь”, 1986.

2. С.С.Ермаков и др. Металлокерамические детали в машиностроении. М., 1977.
3. В.Н.Анциферов и др. Структура спеченных сталей. М., 1981.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВИБРОТРАНСПОРТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ТРУБЧАТОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА

*Ранский В.А., Есавкин В.И.  
Брестский политехнический институт*

Работа вибротранспортирующего устройства оценивается коэффициентом режима  $\Gamma$ :

$$\Gamma = A \cdot \omega^2 \sin(\alpha + \beta) / (g \cos \alpha);$$

где  $A$  – амплитуда направленных колебаний,

$\omega$  – угловая скорость грузонесущего органа,

$\beta$  – угол наклона грузонесущего органа,

$\alpha$  – угол направления колебаний относительно продольной оси грузонесущего органа,

$g = 9,81 \text{ м/сек}^2$  – ускорение свободного падения.

Для вибротранспортирующего устройства с трубчатым рабочим органом амплитуда колебаний  $A = 2r$ , где  $r$  – величина эксцентриситета. Одно и то же значение коэффициента режима  $\Gamma$  можно получить, варьируя различными значениями параметров  $A$ ,  $\omega$ ,  $\beta$ ,  $\alpha$ . Увеличение амплитуды при одном и том же значении  $\Gamma$  дает большее приращение скорости, чем увеличение частоты колебаний. Для мелкодисперсных грузов амплитуду выбирают максимально возможной. Производительность известных конструкций вибротранспортирующих устройств определяется по формуле:

$$\Pi = 3600V \cdot V \cdot H,$$

где  $V$  – ширина желоба (в свету),

$H$  – высота слоя груза,

$V$  – средняя скорость транспортирования насыпного груза.

Скорость перемещения материала является одним из наиболее трудно определяемых параметров. Она зависит от физико-механических свойств груза и при одних и тех же режимах транспортирования может иметь раз-