

Резюме. Ультразвуковая обработка в сочетании с ТМО обеспечивает ликвидацию пористости и рыхлости наплавленного чугуна. Наиболее благоприятный режим ультразвуковой обработки износостойкого чугуна при глубине деформированного слоя $t = 0,7$ мм и числе оборотов $n = 650$ об/мин следующий: подача $S = 0,22$ мм/об, температура нагрева $T = 1223^{\circ}\text{K}$.

УДК 621.891

В.Г. Ходосевич, канд.техн.наук,
А.И. Шевцов, канд.техн.наук

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРЕНИЯ САМОФЛЮСУЮЩИХСЯ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ В УСЛОВИЯХ КАПЕЛЬНОЙ СМАЗКИ

Одним из факторов, определяющих износостойкость трущихся пар и их антифрикционные свойства, является коэффициент трения. При разработке технологии наплавки тракторных гильз цилиндров с целью выбора наплавочного материала проводились исследования коэффициентов трения в условиях капельной смазки.

Эксперименты выполнялись на модернизированной машине трения МИ-1 по следующей методике. В зону контакта неподвижного и вращающегося образцов поступала капельная смазка (моторное масло М10В), расход которой составлял 2...3 капли в минуту. Неподвижный образец изготавливали из специального чугуна (C-3,6...3,9; Si = 2,2...2,7; Cr = 0,16...0,35; Mn=0,5...0,8; Cu = 0,15...0,35; Ni = 0,08...0,15; Mo = 0,25...0,55; P = 0,4...0,6; S не более 0,11). Материалами вращающегося образца служили сталь 45 (HRC 48...52); сплавы ПГ-ХН80СР2, ПГ-ХН80СР3, ПГ-ХН80СР4, СНГН и экспериментальный сплав НЖ1 (C = 0,7...1,0; Si = 3,8...4,0; Cr = 16...17; В = 3,8...4,2; Fe = 8,0; Ni_{ост}).

В процессе исследования скорость скольжения v и удельное давление p трущейся пары варьировались и принимали значения, соответствующие реальным и наиболее неблагоприятным условиям работы гильзы и поршневого кольца: $v = 0,6; 1,7; 2,8; 3,9; 5,0$ м/с; $p = 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 \cdot 10^7$ Н/м². Каждая пара трения перед началом испытаний проходила приработку на режиме $v = 0,5$ м/с, $p = 0,1 \cdot 10^7$ Н/м².

Момент трения измеряли с помощью тензометрической схемы. На плоскую прямую пружину наклеивали тензодатчик, подключаемый к прибору с мостовой схемой; снимали показания

прибора при недеформированном состоянии пружины. Под действием момента трения измерительная штанга и закрепленная на ней пружина двигались к стойке. Упираясь в стойку, пружина изгибалась. При этом изменялись сопротивление датчика и показания прибора. По разности показаний прибора, который предварительно тарировали, определяли момент и коэффициент трения. Наряду с коэффициентами трения $\mu_{тр}$ исследовали сопротивление зоны скользящего контакта $R_{ом}$, которое характеризовало толщину масляного клина между трущимися поверхностями.

На основании экспериментальных данных получены эмпирические формулы, аппроксимирующие коэффициент трения от удельной нагрузки при различных скоростях скольжения. Зависимость принята в виде степенной функции

$$\mu_{тр} = a p^b, \quad (1)$$

где a, b - параметры уравнения. Прологарифмируем и представим уравнение (1) в линейном виде

$$\lg \mu_{тр} = \lg a + b \lg p. \quad (2)$$

Коэффициенты уравнения (2) находим по способу наименьших квадратов с составлением двух нормальных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} n \lg a + b \sum \lg p &= \sum \lg \mu_{тр}, \\ \lg a \sum \lg p + b \sum \lg p^2 &= \sum \lg p \lg \mu_{тр}. \end{aligned} \right\} (3)$$

Получаем три определителя:

$$\left. \begin{aligned} A &= \begin{vmatrix} \sum \lg \mu_{тр} & \sum \lg p \\ \sum \lg p \lg \mu_{тр} & \sum \lg p^2 \end{vmatrix}, \\ B &= \begin{vmatrix} n & \sum \lg \mu_{тр} \\ \sum \lg p & \sum \lg p \lg \mu_{тр} \end{vmatrix}, \\ C &= \begin{vmatrix} n & \sum \lg p \\ \sum \lg p & \sum \lg p^2 \end{vmatrix} \end{aligned} \right\} (4)$$

Выражаем параметры $\lg a$ и b через определители:

$$\lg a = \frac{A}{C}, \quad b = \frac{B}{C}. \quad (5)$$

Рассчитанные значения $\lg a$ и b подставляем в уравнение (2) и патенцируем его. В результате получаем зависимость (1) в явном виде. Графики функций $\mu_{\text{тр}}(p)$ и $R_{\text{ом}}(p)$ для различных скоростей скольжения представлены на рис. 1.

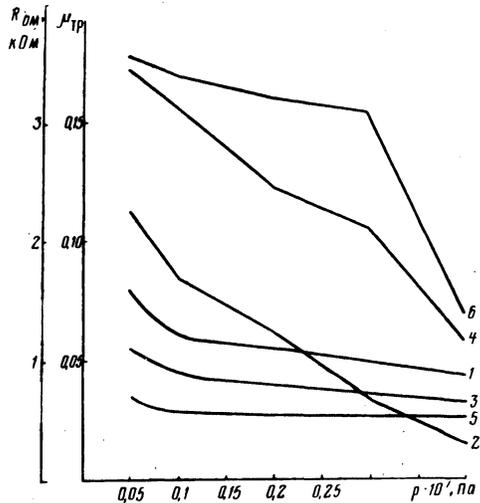


Рис. 1. Зависимости коэффициента трения и сопротивления зоны скользкого контакта сплава ПГ-ХН80СР4 от удельной нагрузки: 1 - $\mu_{\text{тр}} = 0,0865p^{-0,0032}$, $v = 0,8$ м/с; 3 - $\mu_{\text{тр}} = 0,0861p^{-0,0021}$, $v = 2,8$ м/с; 5 - $\mu_{\text{тр}} = 0,0451p^{-0,0034}$, $v = 5,0$ м/с; 2, 4, 6 - экспериментальные кривые $R_{\text{ом}} = f(p)$ при $v = 0,8$; 2,8; 5,0 м/с.

Установлено, что характер кривых для различных пар трения аналогичен. Однако коэффициент трения железных сплавов в 2,5...3,0 раза выше, чем никелевых, а сопротивление зоны скользкого контакта — ниже. Уменьшение коэффициента трения объясняется большей прочностью и толщиной адсорбированного масляного слоя, а также отсутствием в значительной мере микропластической деформации в тонких поверхностных слоях. Сплавы ПГ-ХН80СР4 и СНГН характеризуются минимальными значениями $\mu_{\text{тр}}$, средняя величина которых равна:

$$\mu_{\text{тр.чугун - ПГ-ХН80СР4}} = 0,045; \quad \mu_{\text{тр.чугун - СНГН}} = 0,043.$$

Полученные результаты согласуются с данными опытов по адгезии масла к твердым поверхностям [1].

Учитывая высокую твердость, износостойкость, антифрикционные свойства сплава ПГ-ХН80СР4, установленные при исследованиях адгезионной способности и коэффициентов трения, а также низкую температуру плавления его ($t_{\text{пл}} \approx 1310^\circ\text{K}$), можно рекомендовать этот сплав для наплавки тракторных гильз.

Резюме. Исследованы коэффициенты трения различных материалов при различных скоростях и давлениях в условиях капельной смазки. Сплавы ПГ-ХН80СР4 и СНГН характеризуются минимальными коэффициентами трения.

Показано, что сплав ПГ-ХН80СР4 удовлетворяет необходимым требованиям и может быть рекомендован для упрочнения тракторных гильз цилиндров индукционной наплавкой.

Л и т е р а т у р а

1. Яковлев Г.М., Ходосевич В.Г., Шевцов А.И. Исследование адгезии моторного масла к поверхностям, наплавленным твердыми самофлюсующимися сплавами на основе никеля. – В сб.: Машиностроение и приборостроение. Вып. 7. Минск, 1975.

УДК 620.528.02

Г.Я. Беляев, канд.техн.наук

НЕКОТОРЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УПРОЧНЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Получение покрытий на металлах неизбежно сопряжено с возникновением в покрытиях и металле термоупругих напряжений. Величина возникающих напряжений и стрелы прогиба зависят от размеров упрочняемых поверхностей, механических свойств, разности коэффициентов термического расширения материалов основы и наплавки, а также от толщины наносимого слоя и упрочняемой детали. При упрочнении боковой верхней пластины прессы СМ-816 сплавом ПГ-ХН80СР4 стрела прогиба составляла 10...15 мм. Рихтовать детали такого рода в холодном состоянии не представляется возможным из-за большой хрупкости покрытий, опасности появления трещин и отслаивания нанесенного покрытия от основного материала.

В процессе исследований было установлено, что непосредственно при напылении коробления деталей практически не происходит. Возникает коробление при охлаждении после оплавления нанесенных покрытий, наиболее сильно проявляясь при достижении температур $T=927...1073$ К. Было испытано несколько методов уменьшения первоначального коробления упрочненных тонкостенных деталей: 1) охлаждение пластин в зажатом состоянии (между асбестовыми прокладками); 2) двустороннее напыление различными сплавами; 3) деформационный метод; 4) охлаждение пластины между тонкими медными обкладками.