

ОБРОБКА МЕТАЛІВ ТИСКОМ

УДК 621.892: 621.77

© Каргин Б.С.¹, Анищенко А.С.², Каргин С.Б.³,
Хиора В.С.⁴, Ткачев Р.О.⁵, Воронина Н.А.⁶

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СМАЗОК

Рассмотрены режимы ультразвуковой обработки водно-графитовой смазки ОГВ-75 с целью повышения ее эффективности при горячей обработке металлов давлением. Эффективность смазки оценивали двумя методами: по бочкообразности осажденных цилиндрических образцов (метод С.И. Губкина) и методом осадки кольцевых образцов (метод А.Т. Мейла и М.Г. Кокрофта). Показано, что при воздействии вибрации с частотой 100 Гц в течение 60 минут можно снизить коэффициент трения для смазки на 16% (метод С.И. Губкина) и на 30% (метод А.Т. Мейла и М.Г. Кокрофта). Установлено, что метод определения коэффициента трения по бочкообразности осаживаемых образцов дает на 26-47% завышенные значения.

Ключевые слова: вибрация, коэффициент, трение, смазка, эффективность.

Каргін Б.С., Аніщенко О.С., Каргін С.Б., Хиора В.С., Ткачев Р.О., Вороніна Н.О. Дослідження впливу ультразвукових коливань на ефективність технологічних мастил. Розглянуті режими ультразвукової обробки водно-графітового мастила ОГВ-75 з метою збільшення його ефективності при гарячій обробці металів тиском. Ефективність мастила оцінювали двома методами: за бочкоутворенням циліндричних зразків, що осажені (метод С.І. Губкіна), та методом кільцевих зразків (метод А.Т. Мейла та М.Г. Кокрофта). Показано, що дія вібрації з частотою 100 Гц протягом 60 хвилин дозволяє знизити коефіцієнт тертя для мастила на 16% (метод С.І. Губкіна) і на 30% (метод А.Т. Мейла та М.Г. Кокрофта). Встановлено, що метод визначення коефіцієнта тертя за бочкоутворенням зразків, що осажені, дає значення, що на 26-47% більші, ніж за методом кільцевих зразків.

Ключові слова: вібрація, коефіцієнт, тертя, мастило, ефективність.

B.S. Kargin, O.S. Anischenko, S.B. Kargin, V.S. Khiora, R.O. Tkachov, N.O. Voronina. Investigation of ultrasonic vibrations influence on the effectiveness of technological lubricants. The authors studied sonification regimes of the ОГВ-75 lubricant based on water and graphite. The purpose of this research was to improve the lubricant efficiency when using it in metal forming processes at high temperatures. The «Alpha-Bioton» oscillator with the operating frequency of 50-300 Hz was used to process the ОГВ-75 lubricant concentrate which had been previously diluted with water in the ratio 1:10. Processing time was 30, 60, 90 minutes, the amplitude of oscillation was 0,5-

¹ канд. техн. наук, профессор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, gefest.2007.44@mail.ru

² канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, as4@ua.ru

³ канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, gefest.2007.44@mail.ru

⁴ директор предприятия «Маркограф» г. Мариуполь, markograf@markograf.net

⁵ заведующий лабораторией, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, r.o.tkachov@rambler.ru

⁶ аспирант, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, Voronina.Nina.1988@mail.ru

3,0 mm. The researchers evaluated the effectiveness of lubrication using two methods: the method of cylindrical samples with the lateral surface of the samples in the form of a parabola (S.I. Gubkin method); the method of ring patterns (A.N. Male and M.G. Cockcroft method). The authors have shown that when subjected to vibration at a frequency of 100 Hz for 60 minutes, the coefficient of friction of the OGB-75 lubricant reduced by 16% (S.I. Gubkin method) and 30% (A.N. Male, M.G. Cockcroft method). The authors found that the coefficient of friction defined from the shape of the lateral surface of the samples is 26-47 % higher than defined from A.N. Male, M.G. Cockcroft method.

Keywords: vibration, coefficient, friction, lubricant, effectiveness.

Постановка проблеми. Важнейшая функция смазочных материалов - уменьшение сил внешнего трения. Под технологической эффективностью смазок понимают уровень их антифрикционных свойств. Эти свойства обеспечиваются как подбором оптимального химического состава компонентов смазки, так и совершенствованием существующих и разработкой новых способов изготовления смазок с известным составом компонентов.

Анализ последних исследований и публикаций. В качестве примера может быть приведена производимая предприятием «Маркограф» (г. Мариуполь) водно-графитовая смазка ОГВ-75, которая широко используется на машиностроительных предприятиях Украины и стран СНГ. При ее создании работы вначале велись в направлении оптимизации состава компонентов. В результате среди компонентов смазки наряду с тринатрийфосфатом появились две разновидности графита: мелкодисперсный и чешуйчатый.

Дальнейшее совершенствование смазки проводилось в направлении совершенствования технологии приготовления отдельных компонентов смазки, их смешивания и консервации. Стандартная технология смазки ОГВ-75 предусматривала смешивание обогащенного графита марки ГАК-1 с тринатрийфосфатом и водой в соотношении 27:13:120 и помел в мельнице в течение 36 часов с использованием мелющих стальных шаров. Затем в полученный раствор добавляли соли лигносульфоновых кислот и триэтаноламина в количествах, определяющих соотношения компонентов смазки в пределах 27:13:120:16:1. Раствор перемешивали в течение 30 минут и получали концентрат смазки в виде пульпы.

Перед непосредственным применением смазки пульпу разбавляли водой в определенном соотношении в зависимости от сложности формы поковки, термомеханических условий штамповки и ряда прочих факторов.

Значительный период времени смазка ОГВ-75 успешно конкурировала на территории СССР с ее зарубежными аналогами «Аквадаг», «Дельта-31» и «Дельта-144». Однако появившиеся в большом числе новые смазки с улучшенными эксплуатационными свойствами вынудили производителей смазки ОГВ-75 изыскивать новые пути ее совершенствования.

В частности, была поставлена задача уменьшить загрязненность смазки посторонними примесями, в первую очередь, продуктами истирания поверхности мелющих шаров, а также увеличить дисперсность графита до образования частиц с размерами, лежащими в нанодиапазоне. Для достижения этой цели была создана технология и оборудование гидродинамического измельчения графита в режиме кавитации [1].

В процессе исследования новой технологии возникла гипотеза о влиянии на степень измельченности графита вибраций, возникающих во вновь созданном оборудовании. Гипотеза отчасти базировалась на результатах работ [2-5], выполненных в 70-е годы прошлого столетия. В работах были предприняты попытки интенсификации процессов обработки металлов давлением за счет наложения на статическое усилие деформации вибрационных колебаний. Частота колебаний изменялась в пределах 15-50 кГц, амплитуда не превышала 0,01-0,02 мм. Было установлено, что применение вибрационного нагружения при различных видах пластической деформации дает одну и ту же качественную картину: усилие деформации снижается, пластичность металла возрастает, уменьшаются остаточные напряжения, деформация происходит достаточно равномерно по всему объему металла.

В более поздних монографиях [6, 7] приведены многочисленные примеры внедрения в различные отрасли промышленности технологических процессов пластического формоизменения металлов с наложением ультразвуковых колебаний. Авторами указывалось на снижение контактного трения между деформируемым металлом и инструментом. Однако положительный

эффект вибрации при обработке давлением не связывался с изменением структурного состояния смазок, которые применяли в техпроцессах ОМД.

Цель статьи – определение влияния ультразвуковых колебаний на изменение коэффициента трения при использовании водно-графитовых смазок.

Изложение основного материала. Исследования проводили в лабораторных условиях кафедры обработки металлов давлением ПГТУ на примере водно-графитовой смазки ОГВ-75, соответствующей ТУ-21-25-147-75. Эта смазка является универсальной и рекомендуется для горячей объемной штамповки, так как обладает следующими преимуществами:

- хорошие смазочные качества, которые позволяют снизить усилие штамповки, повысить стойкость штампов и облегчить их хорошее заполнение;
- смазка не вызывает коррозии штампа и штампуемого материала;
- смазка не образует дыма и копоти, не токсична, удобна в обращении и использовании.

Смазка ОГВ-75 является концентратом и перед употреблением должна быть растворена в мягкой или дистиллированной воде. Пропорции раствора меняются в зависимости от сложности поковок и других факторов. Так, для сравнительно простых поковок рекомендуется 1 часть смазки ОГВ-75 на 10 частей воды. С целью быстрого образования прочной графитовой смазочной пленки штампы должны быть обезжирены, а затем предварительно нагреты до температуры 150-200 °С.

Обработку ультразвуковыми колебаниями концентрата смазки, разбавленного водой в соотношении 1:10, проводили генератором «Альфа-Биотон» с рабочей частотой 50-300 Гц и амплитудой колебаний 0,5-3,0 мм. Время обработки составило 30, 60 и 90 минут. Для сравнения результатов применяли также смазку без виброобработки.

Наиболее приемлемыми для лабораторных исследований явились косвенные методы определения коэффициента трения [8]:

- по бочкообразности образца после осадки (метод С.И. Губкина);
- по результатам осадки кольцевых образцов определенной геометрии (метод А.Т. Мейла и М.Г. Кокрофта).

В качестве исходного материала образцов была выбрана сталь 35. Цилиндрические образцы (для метода С.И. Губкина) имели размеры $D_0 = H_0 = 35$ мм. В кольцевых образцах внешний и внутренний диаметры были равны соответственно 72 и 36 мм, высота – 24 мм. Осадочные плиты были изготовлены из стали 5ХНМ.

Заготовки партиями по 5 штук нагревали в электропечи до температуры 1050^{±10} °С. Смазка на осадочные плиты наносилась ручным пневматическим распылителем в течение трех секунд с расстояния 250 мм от их оси под углом 30° к плоскости. Заготовки осаживали на кришошипном прессе силой 0,16 МН со степенью деформации $\varepsilon = 50\%$.

С.И. Губкиным была предложена эмпирическая формула, связывающая показатель относительной бочкообразности θ и степень деформации ε при осадке цилиндрических образцов с величиной коэффициента трения μ :

$$\mu = \frac{6,25 \cdot \theta \cdot (1 - 2\theta)}{1 + \varepsilon} \cdot \left(\frac{D_0}{H_0}\right)^{3/2},$$

где D_0, H_0 – исходный диаметр и высота образца.

Величины θ и ε рассчитывали по формулам:

$$\theta = \frac{D_{max} - 0,5(D_e + D_n)}{D_p};$$

$$\varepsilon = \frac{H_0 - H}{H_0} \cdot 100\%,$$

где D_{max} – диаметр бочки осаженого образца;

D_e, D_n – диаметры верхнего и нижнего торца осаженого образца;

H – высота осаженого образца;

D_p – расчетный диаметр осаженого образца без учета бочкообразования,

$$D_p = D_0 \sqrt{\frac{H_0}{H}}.$$

По второму методу антифрикционные свойства смазок сравнивали по изменению диаметра внутреннего отверстия кольцевых заготовок после их горячей осадки.

Для определения среднего внутреннего диаметра осаженных заготовок отверстия заливали парафином, масса которого служила исходной величиной для дальнейших расчетов по формуле:

$$d_i = \sqrt{\frac{4m}{\rho\pi h}},$$

где d_i – внутренний диаметр кольца, мм;
 m – масса парафина, г;
 h – высота осаженной заготовки, мм;
 ρ – плотность парафина, г/мм³.

Коэффициент трения μ определяли по диаграмме [8] в зависимости от ε_h и ε_d , где:

$$\varepsilon_h = \frac{H_o - H}{H_o} \cdot 100\% \text{ и } \varepsilon_d = \frac{d_o - d}{d_o} \cdot 100\%,$$

где H_o и d_o – исходные высота и внутренний диаметр кольца;
 H и d – высота и средний внутренний диаметр кольца после осадки.
 Полученные результаты представлены в таблице.

Таблица

Значения коэффициентов трения для смазки ОГВ-75, обработанной ультразвуковыми колебаниями

| N/п | Виброобработка смазки | | Коэффициент трения μ | |
|-----|-----------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|
| | Частота обработки, Гц | Время обработки, мин. | по методу Мейла-Кокрофта | по методу Губкина |
| 1. | отсутствует | | 0,30 | 0,38 |
| 2. | 100 | 30 | 0,28 | 0,37 |
| 3. | 100 | 60 | 0,21 | 0,32 |
| 4. | 100 | 90 | 0,21 | 0,31 |

Результаты экспериментов и расчетов показывают, что обработка смазки ультразвуковыми колебаниями в течение получаса не улучшает ее антифрикционные свойства. Изменение величины коэффициента трения весьма незначительно и находится в пределах ошибки эксперимента. Увеличение времени виброобработки смазки до одного часа приводит к снижению коэффициента трения на 30% по методу кольцевых образцов и на 16% по методу С.И. Губкина. Дальнейшее увеличение продолжительности виброобработки до полутора часов не оказывало влияние на изменение величины μ [9].

Было подтверждено существующее у исследователей мнение, что метод С.И. Губкина дает завышенные величины коэффициента трения и может быть рекомендован для тех случаев, когда степень деформации не превышает 10-15%. В частности, различие расчетных значений коэффициентов трения по примененным двум методам составило 26-47%.

Выводы

1. Предложен способ повышения эффективности водно-графитовой смазки ОГВ-75, включающий дополнительную обработку разбавленного концентрата смазки наложением ультразвуковых колебаний.

2. Установлено, что обработка смазки ОГВ-75 ультразвуковыми колебаниями частотой 100 Гц в течение 60 минут снижает ее коэффициент трения на 30% по методу кольцевых образцов и на 16% по методу С.И. Губкина.

3. Показано, что метод определения коэффициента трения по бочкообразности осаженных образцов дает завышенные результаты.

Список использованных источников:

1. Пат. 2043966 РФ, МПК С 01 В 31/02. Способ производства водно-графитовой смазки / Н.В. Кабанов, К.К. Диамантопуло, Б.С. Каргин. – №4880122/26; заявл. 02.10.90, опубл. 20.09.95.
2. Северденко В.П. Обработка металлов давлением с ультразвуком / В.П. Северденко. – Минск : Наука и техника, 1973. – 364 с.
3. Северденко В.П. Применение ультразвука в промышленности / В.П. Северденко, В.В. Клубович. – Минск : Наука и техника, 1973. – 288 с.
4. Баранов И.С. Определение сил и коэффициента контактного трения при резке с наложением колебаний ультразвуковой частоты / И.С. Баранов, Г.Т. Евдокимов // Вопросы прочности и пластичности металлов : Сб. науч. тр. – Минск : АН БССР, 1971. – С.71-74.
5. Клименко В.М. Вибрационная обработка металлов давлением / В.М. Клименко, А.Н. Шаповал. – Киев : Техника, 1977. – 128 с.
6. Ультразвуковые процессы в производстве изделий электронной техники. / С.П. Кундас, В.Л. Ланин, М.Д. Тявловский, А.П. Достанко. – Минск : Бестпринт, 2002. – 160 с. – (В 2-х т.; Т. 1)
7. Шаповал А.Н. Интенсивные процессы обработки давлением вольфрама и молибдена / А.Н. Шаповал, С.М. Горбатюк, А.А. Шаповал. – М. : ИД «Руда и Металлы», 2006. – 352 с.
8. Грудев А.П. Трение и смазки при обработке металлов давлением / А.П. Грудев, Ю.В. Зильберт, В.Т. Тилик. – М. : Metallurgiya, 1982. – 310 с.
9. Пат. 91124 Україна МПК С 01 В 31/02, С 10 М 161/00. Спосіб виготовлення водно-графітових мастил / С.Б. Каргін, О.С. Аніщенко, Б.С. Каргін, В.С. Хіора, Н.О. Вороніна, А.В. Федоренко. – №u201315130; заявл. 24.12.13, опубл. 25.06.14, Бюл. №12.

Bibliography:

1. Pat. 2043966 RU, IPC C 01 B 31/02. A method of manufacturing a water-graphite lubricants / N.V. Kabanov, K.K. Diamantopulo, B.S. Kargin. – №4880122/26; filed 02.10.90, published 20.09.95. (Rus.)
2. Severdenko V.P. Metal Forming with ultrasound / V.P. Severdenko. – Minsk : Nauka i tekhnika, 1973. – 364 p. (Rus.)
3. Severdenko V.P. The use of ultrasound in the industry / V.P. Severdenko, V.V. Klubovich. – Minsk : Nauka i tekhnika, 1973. – 288 p. (Rus.)
4. Baranov I.S. Determination of strength and coefficient of friction when cutting contact with the imposition of ultrasonic frequency / I.S. Baranov, G.T. Evdokimov // Questions of strength and ductility of metals : Collection of scientific works. – Minsk : Belorussian Academy of Sciences, 1971. – P. 71-74. (Rus.)
5. Klimenko V.M. Vibratory metal forming / V.M. Klimenko, A.N. Shapoval. – Kiev : Tekhnika, 1977. – 128 p. (Rus.)
6. Ultrasonic processes in electronics production / S.P. Kundas, M.L. Tyavlovsky, V.D. Lanin, A.P. Dostanko. – Minsk : Bestprint, 2002. – 160 p. – (In 2 Volumes; Vol. 1) (Rus.)
7. Shapoval A.N. Intensive processes of forming tungsten and molybdenum / A.N. Shapoval, S.M. Gorbatyuk, A.A. Shapoval. – M. : Publishing House «Ore and Metals», 2006. – 352 p. (Rus.)
8. Grudev A.P. Friction and lubrication pi metal forming / A.P. Grudev, Y.V. Zilbert, V.T. Tilik. – M. : Metallurgiya, 1982. – 310 p. (Rus.)
9. Pat. 91124 UA, IPC C 01 B 31/02, C 10 M 161/00. A method of manufacturing a water-graphite lubricants / S.B. Kargin, O.S. Anischenko, B.S. Kargin, V.S. Khiora, N.O. Voronina, A.V. Fedorenko. – №u201315130; filed 24.12.13, published 25.06.14. Bull. №12. (Ukr.)

Рецензент: С.С. Самогугин
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ЛГТУ»

Статья поступила 18.03.2015