Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института
им.Г.В.Плеханова, т.ⅩⅠⅩ, вып.1,1975 г.

ОЦЕНКА СИНТЕТИЧЕСКОГО МАСЛА КАК РЕЗЕРВА ПОВЫШЕНИЯ НАГРУЗКИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

И.П.ИВАНОВ

При выявлении контактной прочности зубчатых передач исследователями всегда отмечалось влияние природы смазочных материалов на процесс развития усталостного выкрашивания. Отмечалась возможность создания синтетических масел, отвечающих определенным требованиям. Работы по выяснению роли смазок в контактной прочности зубчатых поверхностей продолжаются и теперь.

В исследованиях влияния смазочных материалов на образование контактного выкрашивания нагруженных шаров [1] выявлено, что время до появления питтинга существенно зависит от природы смазочных материалов. Это подтверждает возможность разработки соответствующих присадок к маслам [2] , уменьшающих или даже предотвращающих контактные разрушения нагруженных поверхностей деталей. Сущность физико-химический явлений, происходящих при работе зубчатых передач с различными сортами масел, освещена В.Н.Герсатором [3] . В исследованиях Г.К.Трубина отмечалось [4] , что с точки зрения влияния смазки на контактную прочность поверхностей зубьев следует учитывать не только вязкость масла, но и его сорт.

За рубеком также проводятся работы по выявлению положительного влияния некоторых специально созданных синтетических масел на нагрузочную способность зубчатых передач. Среди таких масел зарубежные специалисты выделяют масло "полиран" (Poliran-M25), имеющее вязкость в пределах обычно применяемых минеральных машинных масел. В работах проф. Г.Ниманна [5] показано, что использование этого масла может повысить нагрузочную способность эвольвентных прямозубых передач более чем вдвое; при смазке маслом "полиран" значительно уменьшаются потери в червячном и глобоидном зацеплениях. Предполагается, что меньшая зависимость вязкости от температуры и давления по сравнению с минеральными маслами оказывает положительное влияние на состояние

масляной пленки в зоне полужидкостного трения. Исследования прямозубых передач показали [6] : применение синтетического масла "полиран" снижает потери в зацеплении; это масло способствует развитию жидкостного трения; граница заедания получается несколько выше, чем при смазке минеральными маслами. Высокая нагрузочная способность масляной пленки масла "полиран" получена также в исследовательском институте в Ганновере.

Естественно, что столь значительное увеличение нагрузочной способности зубчатых передач только за счет сорта смазки, пусть даже и дорогостоящей, не может не привлечь внимания специалистов.

С целью хотя бы приближенной оценки влияния масла "полиран" на нагрузочную способность косозубых передач средней точности на стенде с замкнутым потоком мощности (рис. 1) проведены испытания цилиндрической эвольвентной передачи средней точности и такой же передачи Новикова при смазке колес машинным маслом СУ и маслом "полиран", залитым в корпус.

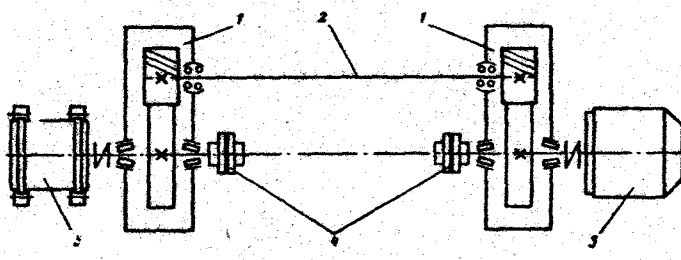


Рис. 1. Испытательный стенд с замкнутым потоком мощности
1 – редукторы с опытными зубчатыми парами; 2 – жесткий вал; 3 – основной двигатель; 4 – муфты упругого вала-торсиона; 5 – сбалансированный на катках двигатель для измерения реактивного момента

Полиараны – полиэфирные масла с наивысшей структурной однородностью, отличающиеся от обычных минеральных масел с облагораживающими присадками. По структуре они также отличаются от известных своей хорошей однородностью нефтяных масел Пенсильвании, считаются за рубежом очень хорошими смазочными маслами и применяются в основном в военной промышленности США. Полираны, подобно жировым маслам, имеют полярный характер и образуют стабильную масляную пленку, выдерживающую большие нагрузки. Пластичные эвтектики, образующиеся в пограничном слое, обладают наивысшей стойкостью к изменениям температуры. Полираны не корродирующие, не склонны к осмолению и имеют очень малое пенообразование. Удельный вес масла "полиран" 9,83 кН/м^3, удельная теплоемкость при 20^{0}С составляет 1810 Дж/(кг·град). Вязкость масла "полиран" с повышением температуры уменьшается менее резко, чем масла СУ (рис. 2).

Опытные зубчатые пары колес из стали 45 с числами зубьев z_1 =26 и z_2 =53 предусмотрены с нормальным модулем m =3 мм при угле наклона зубьев на начальных цилиндрах $\beta = 18^{\circ}33'30''$; межосевое расстояние a = 125 мм, рабочая ширина венцов b = 35 мм. После нормализации эвольвентной пары колес твердость зубьев НВ = 2060 МН/м^2, твердость зубьев пары колес Новикова 1930 МН/м^2. Зубья пары колес Новикова нарезаны фрезами с контурами ЗИП-58. Окружная скорость при испытаниях равнялась 6,3 м/с.

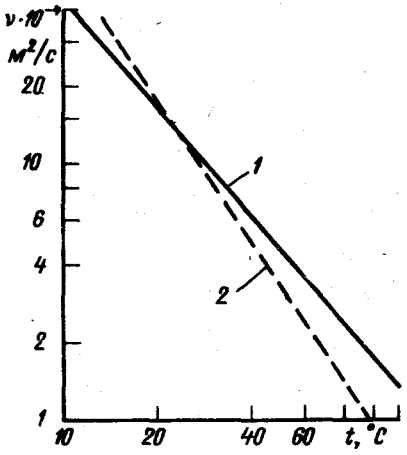


Рис. 2. Характеристика вязкости 1 – масла "полиран"; 2 – машинного масла СУ

Поскольку не было известно, в какой степени влияет точность передач на нагрузочную способность при смазке маслом "полиран", опыт с эвольвентной парой проводился при нагрузке

$$q = \frac{2T_1}{b d_1^2} = 2{,}3 \text{ МН/м}^2,$$

где T_1 – крутящий момент; d_1 – диаметр начальной окружности шестерни; b – рабочая ширина зубчатых венцов.

Эта нагрузка примерно на 50% выше предельной по условиям контактной прочности поверхностей зубьев, установленной длительными испытаниями таких же передач со смазкой машинным маслом СУ.

После 7,3 млн циклов нагружений малой шестерни поверхности зубьев шестерни и колеса были в мелких несливающихся оспинах на всей рабочей высоте зубьев, причем, ножки и головки зубьев имели примерно одинаковый вид поражения оспинами. Характер в развитии оспин выкрашивания несколько необычен. В опытах с маслом СУ такой картины как правило не фиксировалось, поскольку в первую очередь оспинами выкрашивания поражались поверхности ножек зубьев; появление оспин на головках зубьев почти всегда приводило к быстрому их слиянию и образованию раковин. Создавалось впечатление, что поверхности ножек зубьев по условиям выкрашивания почти равнопрочны с поверхностями головок.

Зубчатая пара с зацеплением Новикова при смазке маслом "полиран" испытывалась под нагрузкой q = 3,53 МН/м^2, превышающей ранее установленную нагрузку при масле СУ на 30%. После 4,1 млн циклов нагружений малой шестерни на ее зубьях зафиксированы трещины из-за чрезмерных прогибов; контактных повреждений поверхностей зубьев не наблюдалось.

Из проведенных испытаний зубчатых передач с маслом "полиран" можно заключить, что для эвольвентной косозубой передачи средней точности с применением подобного синтетического масла длительная предельная контактная нагрузка может быть повышена до 35–40%. Специфические свойства синтетического масла "полиран" положительно сказываются и в

зацеплением Новикова, хотя и не в такой степени, как в эвольвентном зацеплением.

Литература

1. Влияние смазочных материалов на разрушение поверхностей трения при высоких контактных нагрузках. – В сб.: Контактная прочность машиностроительных материалов. М., "Наука", 1964. Авт.: М.Д.Безбородько, Г.С.Кривошеин, Г.В.Виноградов, Ю.Я.Подольский.

2. Герсатор В.Н. Влияние сорта масла на прочность поверхностей зубьев зубчатых передач. – В сб.: Контактная прочность машиностроительных материалов. М., "Наука", 1964.

3. Герсатор В.Н. Эффект повышения нагрузочной способности зубчатых передач за счет выбора сортов масел и присадок. Л., изд. Дома научно-техн. проп.; 1962.

4. Трубин Г.К. Контактная усталость зубьев прямозубых шестерен. М., Машгиз, 1950.

5. Niemann G. Maschinenelemente. B. 2 (Getriebe). Springer-Verlag, 1960.

6. Ohlendorf H. Verlustleistung und Erwärmung von Stirnrädern. Dissertation. T.H.München, 1958.