



Figure 6 – Stress parameters and accumulated plastic deformation E5 on the pin fillet depending on the radius

Conclusions:

1. The set of critical surviving points (CSP) is revealed in the centrifuge load-bearing system (LBS). They are placed at the pin fillets.
2. Hardened steel undergoes localized plastic deformation in the CSP on the pin fillets. However, pins preserve strength as long-year exploit practice proves. Such kind of surviving needs special investigation. It may be due to the autofrettage effect.
3. It is proposed to smooth out pin CSP by fillet radius increasing. Stress concentrator smoothing is possible. Hence, in the limited design room, it brings the contact pressure growing caused by contact spot shrinkage.
4. Pin fillet radius 4 mm is the optimal one. Equivalent stress is lowered in 1.94 times in comparison with 1 mm with no significant contact pressure increasing (29% only). Simultaneously, hydrostatic pressure is declined in 2.05 times. It improves pin fillet protection from the brittle fracture.

УДК 621.793: 620.1

СНИЖЕНИЕ ШУМА ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ ПЛАКИРОВАНИЕМ РАБОЧЕГО ПРОФИЛЯ ЗУБЬЕВ

Ма Минь, Шелег В.К., Леванцевич М.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Введение. Одним из путей решения задачи снижения шума зубчатых передач является обеспечение рациональной топографии рабочих поверхностей зубьев, которая может формироваться различными методами, в том числе и методом деформационного плакирования гибким инструментом (ДПГИ) [1, 2]. При реализации метода ДПГИ в качестве гибкого инструмента используется вращающаяся металлическая щетка с проволочным ворсом, а слой покрытия на

поверхности обрабатываемой детали формируется за счет переноса ворсинками щетки, активирующей обрабатываемую поверхность непосредственно перед нанесением покрытия, микрочастиц из компактированного материала (донора) в процессе фрикционного взаимодействия щетки одновременно с донором и деталью. Значительный интерес при этом представляют возможности использования в качестве донора композиционных материалов из компонентов, в обычной практике «несмешиваемых», в том числе ультрадисперсных и наноразмерного уровня. Однако эффект, достигаемый при использовании изделий с подобными покрытиями в условиях эксплуатации, пока недостаточно изучен, что обуславливает необходимость проведения дополнительных исследований.

Цель исследований заключалась в экспериментальной оценке влияния покрытий на рабочем профиле зубьев спаренных зубчатых колес на уровень генерируемого ими шума при работе в зацеплении.

Методика исследований. В качестве объекта исследований была выбрана пара конических зубчатых колес с круговым зубом привода шпинделя металлорежущего станка с ЧПУ мод. 1А734Ф3 (сталь 25ХГТ ГОСТ 4543-71, подвергнутых нитроцементации и термообработке ТВЧ до твердости 57 min HRC₃). Плакирование рабочего профиля зубьев этой пары осуществляли щеткой, установленной на углошлифовальной машинке, оснащенной механизмом подачи донора. Щетка имела ворс из гофрированной стальной проволоки (ст. 65Г). Диаметр и ширина щетки составляли соответственно 125 мм и 10 мм. Диаметр и вылет ворса соответственно 0,25 мм и 20 мм. Относительная скорость скольжения ворса щетки относительно поверхности обрабатываемой детали составляла 40 м/с. Количество проходов щетки по обрабатываемой поверхности – 4...6. Толщина слоя сформированных покрытий не превышала 5–10 мкм.

Измерения шума, генерируемого зубчатыми передачами без покрытия и с покрытием, производились на шумообкатном станке модели 5Б725 Саратовского завода зубострогальных станков методом сравнительных испытаний.

В качестве материалов-доноров для формирования однослойных покрытий использовали медь, латунь, спеченную бронзу Бр05С20Гр0,5ДМ0,5, легированную графитом и дисульфидом молибдена, литейную оловянную бронзу БрО10С10 и алюминиевый композит (материал, полученный путем спекания порошковой смеси из алюминия и графита). Двухслойные покрытия формировали двух видов. В первом случае последовательно наносили слой меди, затем слой антифрикционного сплава (композита) из компонентов меди, олова, свинца и цинка. Во втором – последовательно наносили слой алюминиевого композита с легирующей добавкой графита, затем слой полимера на основе фторопласта Ф-4.

Измерение шума (общий уровень с частотной коррекцией по характеристике А и треть-октавный спектр), а также его анализ проводились с помощью шумомера фирмы «Брюль и Кьер» мод. 2238 «Медиатор» и программного обеспечения «Noise Explorer 7815». При спектральном анализе фиксировались максимальный L_{max} , минимальный L_{min} и эквивалентный L_{eqv} уровень шума в

полосе измерения. Уровень шумового фона был на 12—15 дБА ниже минимального уровня шума, излучаемого испытываемыми зубчатыми парами.

Результаты испытаний и их обсуждение. Анализ спектров уровня шума зубчатых передач с различными видами покрытий на рабочих поверхностях зубьев показал, что эффективность применения технологии ДПГИ для снижения шума конических зубчатых передач в приводах металлорежущих станков во многом определяется рациональным выбором состава материала-донора для формирования покрытия. Сформированные на рабочем профиле зубьев колес покрытия из различных материалов в ряде случаев значительно меняют общий характер распределения звуковой энергии по частотам, снижая уровень шума на одних частотах и оставляя его неизменным или, в отдельных случаях, даже несколько повышая, на других. Эффективность ДПГИ как средства управления виброакустическими свойствами зубчатых передач зависит от многих факторов. В целом диапазон варьирования уровня снижения звукового давления при испытаниях составил 2–6 дБ. Существенное влияние плакированных покрытий на снижение уровня шума определялось не только составом композиционного материала покрытия, но и толщиной и комбинацией наносимых слоев покрытия.

Наибольший эффект улучшения шумовых характеристик зубчатых колес с покрытием по сравнению с колесами без покрытия практически во всем спектре частот был достигнут при использовании в качестве донора композита на основе бронзографита Бр05С20Гр0,5ДМ0,5. При его использовании практически на всех частотах спектра наблюдалось снижение шума, создаваемого испытываемой конической парой. Максимальное снижение звукового давления было зафиксировано в третьоктавных полосах частот 31,5 Гц, 40 Гц и 630 Гц, где оно составило 8–9 дБ. В среднем величина снижения шума составила от 2 до 4 дБ. Это показывает перспективность использования композита на основе материала Бр05С20Гр0,5ДМ0,5 в качестве донора для формирования покрытий на зубьях колес приводов шпинделей металлорежущих станков.

Выводы. Результаты выполненных исследований свидетельствуют о том, что технологию деформационного плакирования гибким инструментом можно успешно использовать при решении задач по снижению шума зубчатых передач. При этом выбор технологических параметров процесса плакирования, состава материала донора, вида и концентрации легирующих добавок, количества и толщин наносимых слоев покрытия зависит от конкретных условий их эксплуатации

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К.Мещерякова. – 4-е изд. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.
2. Improvement of triboengineering properties and noise reduction of tooth gears by cladding functional coatings on working surfaces of interfaced teeth / U.L. Basiniuk, M.A. Levantsevich, N.N. Maksimchenko, A.I. Mardasevich // Journal of Friction and Wear. – 2013. – Vol. 34, № 6. – Pp. 438–443.