

вання до твердості НВ введенням операції шліфування, що здійснюється за тим же кінематичним методом, що і зубонарізання дисковою фрезою.

Термообробка після зубонарізання зменшує точність колеса з 7 до 8-9 ступені, а від заключної операції – традиційного шліфування черв'ячними шліфувальними кругами на заводі відмовилися через великі фінансові витрати, зв'язані з впровадженням зубошліфування.

У нашому способі зубообробки шліфування можливе на звичайному зубофрезерному верстаті без використання спеціальних шліфувальних інструментів, а з допомогою дискового (відрізного) шліфувального круга. Шліфування профілів можливе за тією кінематичною схемою, що й зубонарізання – обертанням дискового круга з його періодичним зворотно-поступальним переміщенням у кожній впадині. Необхідну швидкість різання зубошліфування теж можна забезпечити мультиплікатором, проте, для шліфування даним способом евольвентних профілів необхідне додаткове спорядження, або реалізація процесу на зубофрезерному верстаті з ЧПК.

б) при меншій працездатності зубчастих коліс і незмінній програмі – 200 – 220 пар коліс в рік, для їх виготовлення потрібно таку розрахункову кількість верстатів:

$$C_p = \frac{1,3 \cdot T_{шт}^1 \cdot N^1}{60 \cdot \Phi_d} = 0,66 - 0,72,$$

тобто всю річну програму колісних пар можна нарізати на одному верстаті, завантаженому при двозмінній роботі на 0,66-0,72%.

Інші 3 зубофрезерні верстати можна реалізувати і використати виробничу площу, що звільняється, на інші потреби, або ж завантажити їх зовнішніми замовленнями по міжзаводській кооперації.

Висновки. Теоретично обґрунтовано та показано на конкретному прикладі переваги, які дає використання нового способу нарізання зубчастих коліс в поєднанні з традиційними методами і технологією. Складовими ефективності є істотне спрощення діючих технологічних процесів, зменшення їх працездатності і підвищення продуктивності обробки, можливість отримання значного економічного ефекту у діючому виробництві.

Список літератури: 1. *Грицай І.С., Литвиняк Я.М.* Синусоїдальні зубчасті передачі як альтернатива традиційним передачам та новий метод їх виготовлення / Вісник НТУ "ХП". Збірник наукових праць. Тематичний випуск "Проблеми механічного приводу". – Харків: НТУ "ХП", 2009. – №19. – С.43–53. 2. *Грицай І.Е., Литвиняк Я.М.* Изготовление червячных колес глобоидальных передач. Новый эффективный способ решения актуальной проблемы / Оборудование и инструмент. – 2009. – №4(115). – С.12–14.

Надійшла до редколегії 29.04.10

В.Е. ЗАМКОВОЙ, к.т.н., главный металлург ГП "Ивченко-Прогресс", г. Запорожье
А.Б. ЕДИНОВИЧ, нач. бригады зубчатых передач ГП "Ивченко-Прогресс"
Т.В. ТИХОМИРОВА, инженер ГП "Ивченко-Прогресс"

ВЛИЯНИЕ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ МЕДИ НА КОНТАКТНУЮ ВЫНОСЛИВОСТЬ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ИЗ СТАЛИ 14ХГСН2МА-Ш И 16ХЗНВФМБ-Ш

Розглянута можливість нанесення, переваги та недоліки антифрикційного покриття на основі міді, вплив технології нанесення на значення контактної витривалості робочих поверхонь зубчастих коліс. Приведені основні вимоги до антифрикційного покриття деталей редукторів. Виконані випробування обраного покриття підтвердили підвищення контактної витривалості.

In this work is produced results contact fatigue test of steel models with antifrictional copper's cover. Presented effect of a covering and technology of their coating on reducers details. The base demand to cover is composed. Lacks and advantage different technology of coating antifrictional copper's cover is accounted.

Введение. Повышение ресурса и улучшение механических характеристик, в частности контактной выносливости, зубчатых колес авиационных двигателей является актуальной задачей нашего времени. Разработка и внедрение теплоустойчивых сталей, синтетических масел с антифрикционными присадками, конструктивные изменения (изменение угла зацепления) и другие мероприятия внесли свою лепту в увеличении ресурса, однако повысился уровень применяемых напряжений на поверхности контактирующих деталей практически не удалось.

Основным фактором, снижающим контактную выносливость, является местный поверхностный перегрев детали (до 350°C) непосредственно в зоне контакта, который приводит к снижению твердости и, соответственно, разупрочнению поверхности. В свою очередь для зубчатых передач редукторов авиадвигателей, как правило, применяются теплоустойчивые стали с химикотермическим упрочнением (14ХГСН2МА и 16ХЗНВФМБ), с допустимой рабочей температурой до 200°C и до 350°C соответственно.

Одним из путей повышения контактной выносливости является поверхностное упрочнение деталей. Анализ различных упрочняющих технологий показал, что совокупность химикотермического упрочнения и последующего формирования тонкого антифрикционного слоя из мягкого металла может оказаться весьма перспективным[1].

Эффект применения металлических покрытий состоит в разделении контактирующих поверхностей слоем материала обладающим низким коэффициентом трения для снижения температуры в зоне контакта и предотвращения заедания [2]. Также покрытие снижает влияние поверхностных дефектов, улучшается приработка, что также положительно влияет на повышение контактной выносливости[3].

Однако следует учитывать, что применение антифрикционных покрытий является одним из этапов повышения контактной выносливости и рассматривать в отрыве от остальных усовершенствований нецелесообразно.

Разработка покрытия начинается с определения требований к слою и качеству поверхности:

- 1) Опытным путем установлено, что толщина покрытия должна быть в пределах допуска 1-2мкм, чтобы обеспечить точность изготовления детали;
- 2) Покрытие должно наноситься на окончательно готовую деталь;
- 3) Коэффициент сухого трения должен быть меньше, чем сталь по стали (ниже 0,15);
- 4) Теплостойкость при температуре не менее 350°C, т.е. не ниже температуры в зоне контакта;
- 5) Коррозионная стойкость к применяемому маслу, допускается ограниченная стойкость к воде и солям кислот;
- 6) Стойкость к абразивному износу;
- 7) Наличие технологии нанесения, которая обеспечит стабильность свойств покрытия и его адгезию к основному материалу;
- 8) Соотношение цены и качества.

На основании предложенных требований выбраны следующие технологии нанесения: гальваническое и механофрикционное.

Преимуществом гальванического метода является наличие технологии нанесения, стабильные результаты и сравнительно низкая себестоимость. Но обеспечение адгезии и ограничение определенными электро-химическими реакциями несколько ограничивает применение. Механофрикционный метод нанесения позволяет наносить разнородные материалы, не повреждает материал деталей, также имеет низкую стоимость[3]. Недостатком в некоторых случаях может явиться недостаточная адгезия.

Целью данных исследований является изучение эффективности антифрикционных покрытий на основе меди с целью повышения контактной выносливости рабочих поверхностей зубчатых колес из стали 14ХН2ГСМА и 16ХЗНВФМБ.

Материалы и методика испытания. Все образцы перед испытанием прошли термическую обработку согласно типовой технологии цементации зубчатых колес.

Испытания выполнены на трех группах образцов: без покрытия, с гальваническим меднением, нанесенным вкруговую, механофрикционным меднением (Медь+УДА+Баббит Б93 и Медь МФО) рабочей поверхности образца. Форма рабочей поверхности образцов за счет наличия эллипса вращения исключает краевые эффекты и повышает точность эксперимента (рисунок 1).

Испытания выполнены на роликовой машине МКВ-К конструкции ВНИИ подшипниковой промышленности. Данная установка предназначена для испытаний при комнатной температуре и постоянной скорости вращения приводного диска.



Рисунок 1 – Внешний вид образца

Испытания выполнены при соблюдении следующих условий:

- 1) испытания проводятся до начала питтинга (контроль обеспечивается технологически);
- 2) напряжение в контакте 3500МПа (оптимальное по длительности и величине нагрузки);
- 3) степень проскальзывания 7% (соответствует реальным условиям в зубчатых зацеплениях),
- 4) температура масла 20-30°C;
- 5) масло СМ-25 (25% МС-20 и 75% МС8П).

Оценка качества материала образцов и покрытия. Внешний вид медного покрытия нанесенного гальваническим и механофрикционным методами отличается:

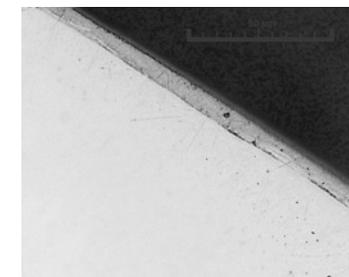
- гальваническое покрытие имеет равномерный матовый цвет – оранжево-розовый, образец покрыт полностью;

- механофрикционное покрытие находится только на рабочей поверхности образца, цвет покрытия – оранжево-серый. Покрытие имеет металлический блеск, поверхность гладкая со следами наволакивания.

Гальваническое покрытие имеет неравномерную толщину по длине окружности от 0,002 до 0,005мм, на образцах без обдувки – под слоем имеется окисление (рисунок 2,а), при этом на поверхности сохранился исходный рельеф. Слой меди, нанесенный механофрикционным методом, имеет плотную структуру и равномерную толщину 0,005...0,006мм по окружности образца (рисунок 2,б). Покрытие имеет плотное сцепление с поверхностью образца. Использование механофрикционного нанесения сгладило поверхностные микронеровности.



а) гальваническое меднение



б) медь МФО

Рисунок 2 – Микроструктура покрытия на поверхности образцов.

Качество материала и ХТО всех образцов соответствует требованиям технической документации.

Состояние дорожки качения всех образцов идентично: характеризуется наличием полосы выработки покрытия шириной 1,2...2мм, на поверхности которой отдельные участки питтинга.

Результаты испытаний. Полученные результаты испытаний подтвердили предположения о положительном влиянии антифрикционных покрытий на повышение контактной выносливости рабочих поверхностей зубчатых колес.

Образцы с медным покрытием, нанесенным гальваническим методом, показали значения выше, чем образцы без покрытия в среднем на 20%.

Значения контактной выносливости поверхности с покрытием, нанесенным механофрикционным методом, повысились на 50% от значений характеристик образцов без покрытия.

Как и предполагалось при нанесении покрытия значительно снизилось влияние проскальзывания, такой вывод стал возможен при сравнении результатов испытаний без проскальзывания и с введением данного параметра.

В настоящее время для некоторых наименований зубчатых колес серийных двигателей разработки ГП "Ивченко-Прогресс" успешно применяется гальваническое меднение рабочих поверхностей. Рассматривается возможность внедрения механофрикционного метода нанесения.

Список литературы: 1. Леванцевич М.А., Максимченко Н.Н., Зольников В.Г. Повышение эксплуатационных свойств трибосопряжений нанесением покрытий металлическими щетками // Весті нацыянальнай Акадэміі навук Беларусі. – №1. – 2005. – С.67–72. 2. Буше Н.А., Копытько В.В. Совместимость трущихся поверхностей. – М.: Наука, 1981 – 127с. 3. Леванцевич М.А. Технологические возможности покрытий, нанесенных металлическими щетками // Прикладные науки. – Т.2. – №4. – 2005 – С.53–55.

Поступила в редколлегию 28.04.10

УДК 621/01

А.Ю. ЗАРЕМБА, к.т.н., докторант, ОАО НПО "Теплоавтомат», г. Харьков

О.В. ДЕМЧЕНКО, гл. инж. ГП ИМиС, г. Харьков

Н.Э. ТЕРНЮК, д.т.н., директор ГП ИМиС

МЕТОДЫ АПРИОРНОГО И ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТОЧНОСТЬЮ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС

Розвивається загальний підхід до створення систем, що управляють точністю машин. Показано два види оптимізаційних проблем як набори ієрархічних рівнів систем. Встановлені цілі, змінні, стадії реалізації і принципи управління.

The general approach to creation of control systems by accuracy of machines is developed. Two kinds of optimum problems and as sets of hierarchical levels of systems. Are established the purposes of the object, operating variables, stages of realization and principles of management are allocated.

Введение. Расширение требований к изделиям, а также появление новых способов и систем обработки деталей машин, гибких и трансформенных производств высокой и сверхвысокой производительности требуют разработки и создания более совершенных систем управления точностью изделий и, в частности, зубчатых колес. Существующие исследования в области точности [1-4] создают теоретическую базу для анализа, но не позволяют синтезировать комплексно оптимальные системы управления.

Как правило, искомые решения создаются путём поэтапного развёртывания информации, последовательных интерактивных приближений. Однако, для этого необходима выработка общего подхода, который позволил бы на единой основе формировать облик систем и их структуры.

Целью статьи является разработка общего подхода к созданию методов и систем управления точностью механической обработки зубчатых колёс.

Общую характеристику методов управления точностью механической обработки деталей машин можно получить путём выделения целей и уровней управления, управляющих переменных и характера их изменения во времени, а также этапов реализации.

Известно [5], что в инженерной практике создания и эксплуатации систем возможна постановка двух основных видов оптимизационных задач:

а) получение желаемого эффекта при минимуме затрат;

б) получение максимального эффекта при использовании заданных ограниченных ресурсов.

Поэтому в задачах оптимального управления точностью механической обработки зубчатых колёс можно выделить две возможные в реализации цели: а) обеспечение заданной точности при минимуме затрат (в первую очередь, трудоёмкости); б) достижение максимальной точности при ограничении на затраты (в том числе, на трудоёмкость).

Множество возможных уровней управления точностью может быть выявлено на основе рассмотрения технологического процесса как иерархического образования [6].

В соответствии с [5] мощность множества возможных уровней иерархической структуры технологического процесса управления точностью механической обработки зубчатых колёс равна четырём. Они соответствуют уровням технологического процесса, операции, перехода и рабочего хода.

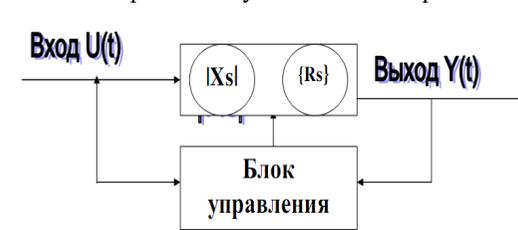


Рисунок 1 – Общая схема управления

На каждом уровне может реализоваться общая схема управления процессами (действиями), приведённая на рисунке 1. На этом рисунке обозначено: $U(t)$, $Y(t)$ – вход и вы-

ход.