

Обкатник состоит из полукорпусов 1 и 2, в которых установлены шарикоподшипники 4, внутренние кольца которых кинематически связаны с деталью 8 поводковым устройством 3. Сепараторы 5 шарикоподшипников снабжены на торцах радиальными пазами для деформирующих элементов 6. На торцах крышек 7, обращенных к деформирующим элементам 6, выполнены пазовые кулачки

Обкатник работает следующим образом. Он устанавливается в резцедержателе токарного станка и надевается на обрабатываемую деталь 8. Детали 8 задают вращение, а обкатнику — осевую подачу. Внутренние кольца шарикоподшипников 4 вращаются вместе с деталью 8 от фрикционного поводка 3. Далее, вращение передается на сепараторы 5. При этом деформирующие элементы 6, перемещаясь по пазовым кулачкам, выполненным на торцах крышек 7, наносят удары по обрабатываемой поверхности, упрочняя ее.

Таким образом, в предлагаемом обкатнике обеспечена работа деформирующих элементов без дополнительного привода.

УДК 621.7

В.А. Сайганов, С.П. Басалаев, Н.С. Колядко

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРЕССИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ В КОНСТРУКЦИЯХ ПРЕЦИЗИОННЫХ СИСТЕМ КООРДИНАТНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

*Республиканское унитарное предприятие «Завод точного машиностроения
«Планар-ТМ» концерна «Планар»
Минск, Беларусь*

Основными узлами, определяющими производительность, точность и быстрейшее технологическое оборудование для производства изделий микроэлектроники, являются системы координатных перемещений.

Наибольшее применение получили двухкоординатные линейные шаговые двигатели (ЛШД) планарного типа, состоящие из двух основных узлов - неподвижной базовой плиты (статора) и подвижного якоря (индуктора). Индуктор через воздушный зазор 10...20 мкм, обеспечиваемый подачей сжатого воздуха при давлении (0,4±0,04) МПа между ним и статором, перемещается со скоростью до 700 мм/с по сложным траекториям, согласно управляющим сигналам программного комплекса [1].

Статор представляет собой основание размерами до 1000x1000x150 мм из гранита (габбро-диабазы, габбро-норита) или чугуна, на котором методом приклеивания или клеемеханического соединения закреплена пластина из электротехнической стали, имеющая на рабочей плоскости зубцовую структуру в шахматном порядке типа «выступ-впадина» размерами от 0,22x0,48 до 1,1x2,0 мм. Пазы заполняются компаундом и рабочая поверхность доводится до значений плоскостности 0,003...0,008 мм при параметре шероховатости $Ra=0,40...0,32$ мкм.

Индуктор, являясь полной противоположностью статора, конструктивно и технологически представляет собой плиту размерами от 260x225x20 до 620x323x52 мм из алюминиевых сплавов с выфрезерованными группами окон. В окна вклеены блоки электромагнитов координат X и Y. Зубцовая структура электромагнитов также залита компаундом и доведена совместно с плитой до значений плоскостности 0,003...0,006 мм при параметре шероховатости $Ra=0,40...0,20$ мкм.

Рабочие поверхности статора и индуктора должны обеспечивать температурно — временную стабильность плоскостности в пределах $\pm 0,002$ мм при температуре $(20\pm 0,5)$ °С и относительной влажности (50 ± 10) % в течение 5-и лет эксплуатации оборудования.

Для достижения требуемых динамических и температурно-временных параметров материалы корпуса статора и индуктора должны отвечать следующим основным требованиям:

- иметь наименьшую плотность, (объемную массу);
- обладать наибольшим модулем упругости (особенно при изгибе);
- (ТКЛР) должны незначительно изменяться значения температурного коэффициента линейного расширения в диапазоне температур $(- 50...+50)$ °С;
- обладать способностью быстрой релаксации технологических внутренних напряжений или (в идеальном случае) их полным отсутствием;
- иметь высокое внутреннее трение (вибродемпфирование);
- исключить сорбцию влаги при механической обработке, хранении, транспортировании и эксплуатации;
- не генерировать, переносить и не накапливать сверх установленных норм пылевидных частиц при работе в помещениях и зонах класса чистоты 10000 ...1;
- обладать удовлетворительной обрабатываемостью лезвийным и абразивным инструментом на серийных металлорежущих станках;
- хорошо склеиваться между собой и с различными конструкционными материалами — металлами, горными породами, ситаллами и композиционными материалами (композитами).

Одним из главных параметров при конструировании ЛШД является величина удельной жесткости материала и конструкции — отношение модуля упругости при изгибе к плотности табл. 1 [2,7,8].

Таблица 1

Сравнительные значения важнейших параметров

Материал (композит)	Плотность, кг/м ³	Модуль упругости, МПа	Удельная жесткость, км	ТКЛР $\alpha \times 10^7 \text{K}^{-1}$ при (20...100) °С	Логарифмический декремент колебаний	Осрапа- тываемость резанием
Сталь 45	7810	20400	2610	116	0,0008	хорошая
Чугун СЧ20	7200	75000... 85000	1042... 1180	104	0,0097	хорошая
Титан ВТ14	4520	115000	2544	80...87	0,0001	удовлетворительная
Бериллий	1850	300000	16216	111		плохая
Инвар НКД32	7900	140000	1770	5...12		удовлетворительная
Сплав АМц	2730	71000	2600	215	0,0005	плохая
Сплав Д16Т	2780	77000	3015	224	0,0001	хорошая
Габбро-диабаз	3116	95700	3070	45...55	0,0050	хорошая
Гранит	2670	52800	1980	45..80	0,0125	плохая
Жадеит	3500	210000	6000	80		плохая
Ситалл СО-115М	2457	80000	3256	0,60		удовлетворительная
Полимер-аэтон	2648	30000... 37300	1130... 1410	250	0,0670	хорошая
Композиты:	2300	150000...	6520...	10...15		хорошая
АI-C	1500	280000	12100	8,7...16		хорошая
С-С		40000... 100000	2660... 6660			

Анализ табличных данных позволяет констатировать, что для изготовления оснований статоров возможно применение габбро-диабазы, жадеита, ситалла и композитов. Жадеит и ситалл не могут быть использованы — первый в силу большой стоимости этого поделочного камня и трудоемкости обработки, а второй ввиду высокой стоимости (60 долларов США за 1кг) и дефицитности, как стратегического оптического материала. Подавляющее большинство статоров ЛШД в настоящее время производится на основаниях из габбро-диабазы, температурно-временная стабильность которого в 1,5...4 раза выше, чем оснований из полимербетона [3-6].

В последние 5...8 лет все большее использование начинают получать конструкции статоров с основаниями на основе плит с сотовыми наполнителями [8]. Такая плита состоит из 2-х пластин, между которыми находится сотовый наполнитель из алюминиевого сплава АМг2-Н с периодом шестигранных сотовых ячеек 2,5 или

5 мм. Высота сотового заполнителя может быть любая до 400 мм, что в основном и определяет высоту статора.

Верхняя пластина из электротехнической стали марки 20895 или 10895

ГОСТ 3836, нижняя – конструкционная сталь. Пластины соединены с сотовым заполнителем с помощью пленочного клея ВК-41 (ВК-51). Боковые грани закрыты металлическими или пластмассовыми обечайками. Конструкция в 3...5 раз легче и жёстче статора с основанием из габбро-диабазы. Внутренние полости сот могут быть заполнены воздухом или другими газами, а также различными жидкостями и другими функциональными материалами (резиной, пенополиуретаном, порошками), что позволяет управлять внутренним трением конструкции.

Для изготовления корпусов индуктора взамен алюминиевых сплавов АМц, Д16Т и др. возможно применение бериллия, жадеита, ситалла и композитов. Однако первые два материала скорее экзотичны, чем конструктивны, очень дороги, дефицитны и трудоемки в обработке. Ситалл оказался непрактичен, дорог, дефицитен и сложен в обработке. Весьма перспективны композиты на полимерных, металлических и минеральных матрицах — стеклопластики, углепластики, алюмо-углеродные композиты с двухкоординатной укладкой арматуры, а также углерод-углеродные композиты (С-С). И хотя эти материалы ещё достаточно дороги, комплекс высоких и уникальных физико-механических, технологических и эксплуатационных свойств будет востребован и они в ближайшие 5...10 лет начнут интенсивно вытеснять традиционные материалы из области прецизионных координатных систем.

Опытный индуктор с корпусом С-С проходил в 1991г. испытания в составе установки ЭМ-5284Э. Он показал хорошую управляемость, высокую точность обработки координатных перемещений, значительный резерв по скорости и ускорению, а также минимальные потери при разгоне и торможении. Следует отметить, что композиты позволяют значительно повысить прочностные и упругие свойства ещё на стадии проектирования самого материала. Так, учитывая, что корпуса статора и индуктора в основном испытывают изгибные деформации, возможно повышение изгибной прочности по толщине на 50...100 % за счет ослабления ее в направлениях длины и ширины.

Взамен используемых эпоксидных и эпоксикремнийорганических клеев Д-9, ВК-9 и ВТ-25-200 самое широкое применение начинают получать анаэробные клеи марок АН-105, АН-110, АН-111 и АН-112, а взамен эпоксидных компаундов анаэробные герметики марок АН-201, АН-202, АН-203и АН-205. Эти материалы, снижая в 5...20 раз трудоемкость операций склеивания и заливки, позволяют получить принципиально новые параметры клеевых соединений, обладающих повышенной прочностью и температурно-временной стабильностью.

К настоящему времени завершён переход на использование постоянных магнитов системы Fe-Nd-B взамен SmCo₃, марок КС-37, КС-37А ГОСТ 21559, которые

обладают магнитной индукцией до 1,4 Тл против 0,77...0,90 Тл у прежних магнитов. Это важнейший резерв снижения массы индукторов, повышения тяговых характеристик и точности позиционирования на скоростях до 1000...1500 м/с с ускорениями до 100 м/с².

Комплексное решение перечисленных проблем позволит уменьшить воздушный зазор в ЛШД до 5...8 мкм, обеспечив повышение производительности систем координатных перемещений на 30...50 % и снижение погрешности позиционирования до $\pm 0,05$ мкм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпович С.Е., Жарский В.В., Ляшук Ю.Ф., Межинский Ю.М. Прецизионные координатные системы на основе электропривода прямого действия. - Мн: ГНПК-ТМ «Планар», 2001.-198с.
2. Кишкин С.Т. Будущее конструкционных материалов: Сб. М.: Знание, 1989.-64с.-(Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Техника»; №3).
3. Галузо Г.С., Сайганов В.А., Кузьмичев Г.П., Коваженкова В.И. Физико-механические свойства твердокаменных пород, рекомендуемых для использования в прецизионном машиностроении // Электронная техника, Серия 7 «Технология, организация производства и оборудование». —1985. —Вып.2 (129), с.78-79.
4. Сайганов В.А. Исследование ТКЛР твердокаменных пород, используемых в прецизионном машиностроении // Метрология. —1986. —№9. —С.10-16.
5. Сайганов В.А. Тонкое шлифование прецизионных деталей из гранита. //Техника. Экономика. Организация. —2002. —№2. —С.24-27.
6. Сайганов В.А., Люндышев В.И. Временная стабильность формы прецизионных деталей из полимербетона // Примененне эффективных полимербетонв в машиностроении и строительстве. —Вильнюс НИИЖБ, ВИСИ. —1989. —С.95-97.
7. Bruin W. Dimensional Stability of Materials for Metrological and Structural Applications / Annals of the CJRP. —vol.31(2). —1982. —P.553-559.
8. Панин В.Ф., Гладков Ю.А. Конструкции с наполнителем: Справочник.-М.: Машиностроение, 1991.-272с.