

M.S. TOROSYAN, M.G. STAKYAN

THE IMPACT OF HARDENED TECHNOLOGIES ON THE CICLIC STRENGTH AND DURABILITY OF MACHINE PARTS

The regression relationships between the parameters of the quantile fatigue lines of shafts from the steel 40X subjected to plastic deformation of their working surfaces are revealed. The obtained relationships allow, without long and labour-consuming experiments on fatigue, to calculate the accurate values of the limits of endurance and cyclic durabilities, and using them in calculations of strength and durability.

Keywords: shaft, fatigue curve parameters, surface plastic deformation, reliability, mathematical model.

УДК 681(075.8)

Н.Х. АКОПЯН, С.В. ВЕРЛИНСКИЙ

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И ЖЕСТКОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ МИКРОМАНИПУЛЯТОРОВ С УПРУГИМИ ШАРНИРАМИ

Рассмотрена задача оптимизации параметров параллельных микроманипуляторов двух различных структур с поступательным движением выходного звена. Задача решалась с помощью автоматизированного модуля ANSYS DesignXplorer. Определены оптимальные размеры звеньев микроманипуляторов для получения максимальных перемещений платформы при ограничении углов поворота упругих шарниров из условия их существования.

Ключевые слова: параллельный микроманипулятор, упругие шарниры, модуль ANSYS DesignXplorer.

Введение. Микроманипуляторы параллельной структуры разрабатывались уже с начала 80-х годов прошлого века [1-3], однако они не потеряли своей актуальности и в настоящее время [4]. Они применяются для точного позиционирования объекта, для чего в них используются упругие шарниры и пьезоэлектрические актуаторы в качестве приводных элементов. В последние годы появилось множество исследований по кинематике, динамике и управлению микроманипуляторов параллельной структуры.

Цель работы - определение оптимальных значений расстояний между упругими шарнирами микроманипуляторов двух структур: микроманипулятора координатных перемещений и реконфигурируемого микроманипулятора

поступательного движения платформы для получения максимального перемещения платформы при вариации их материалов.

Решение задачи. Для оптимизации параметров рассмотрены трехподвижные параллельные микроманипуляторы с упругими шарнирами (рис.1). В них предусмотрены актуаторы, приводящие в движение звенья: с силой 520 Н [4,5] - в первой схеме, либо моментом силы - во второй. Рассматриваются три случая: когда имеет место действие одного, двух или трех актуаторов. Оптимизируются значения расстояний между шарнирами для достижения максимальных перемещений платформы микроманипулятора при отклонениях в упругих шарнирах в 4, 46° (-2, 23°; +2, 23°) [5]. Диапазон для оптимизации длин звеньев выбран от 30 до 38 мм в пределах требуемых габаритов микроманипулятора. Задача решалась для трех материалов звеньев: сплава ТI 6AL4V, стали, а также сплава меди. Механические свойства материалов представлены в табл.1.

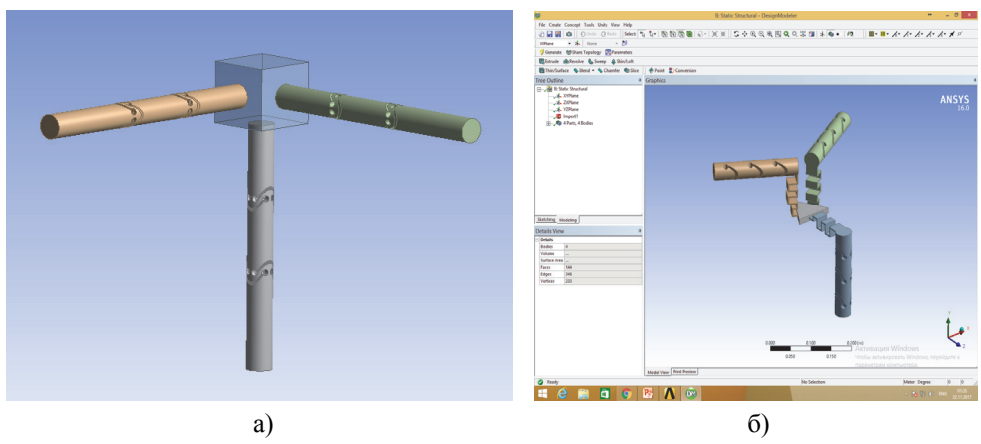


Рис.1. Структура трехподвижных параллельных микроманипуляторов: а- микроманипулятор координатных перемещений, б- реконфигурируемый микроманипулятор

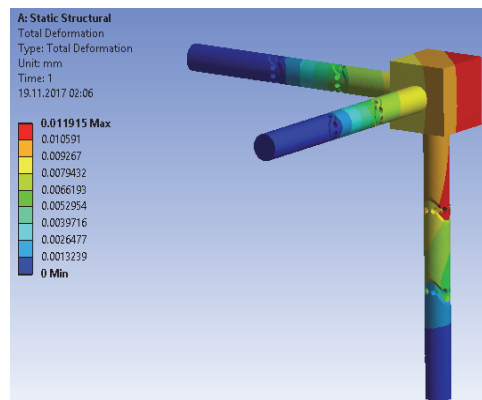
Таблица 1

Механические свойства материалов

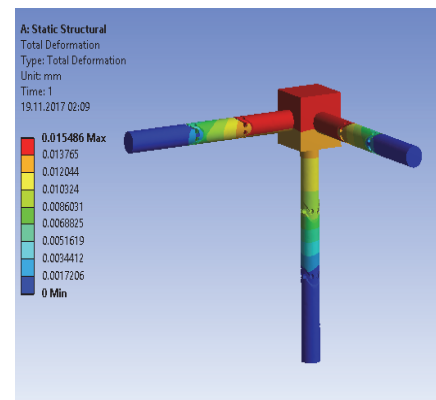
МАТЕРИАЛ	TI 6AL4V	Сталь	Cooper Alloy
Плотность, кг*м ⁻³	4419	7850	8300
Модуль Юнга, Па	1.138E+11	2E+11	E+11
Коэффициент Пуассона	0.342	0.3	0.312

Компьютерное моделирование в системе “ANSYS” позволяет спроектировать упругие шарниры, обеспечивая условия их существования и работо-

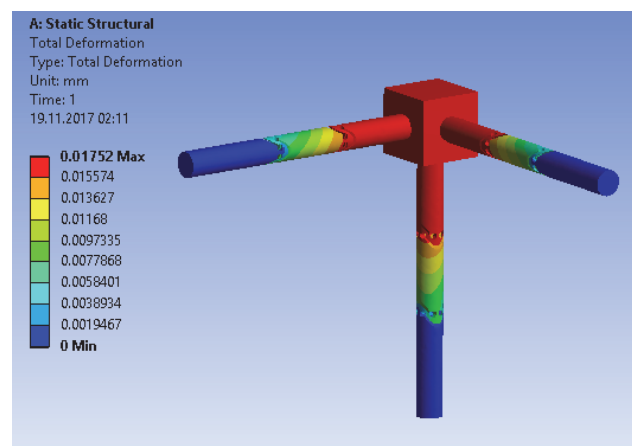
способность, а также определить их кинематические и жёсткостные характеристики [4]. Оптимизация проводилась с помощью одного из модулей программы ANSYS “ANSYS DesignXplorer”, где выбирается варьируемый параметр, и программа автоматически высчитывает выходной параметр. В качестве варьируемого параметра выбрано расстояние между шарнирами, а в качестве выходного – перемещение платформы (рис.2).



а)



б)



в)

Рис. 2. Диаграммы перемещений микроманипулятора из сплава Т1 6AL4V с расстоянием между шарнирами в 30 мм при активации: а- одного, б- двух, в- трех пьезостолбиков

В ANSYS DesignXplorer задавался шаг изменения в 1 мм межосевого расстояния шарниров в диапазоне 30...38 мм. Результаты моделирования для сплава Ti 6AL4V, стали и медного сплава приведены в табл. 2, 3 и 4.

Таблица 2

Результаты моделирования микроманипулятора координатных перемещений для сплава Ti 6AL4V

Расстояние между шарнирами, мм	Максимальные перемещения платформы при активации пьезостолбиков, мкм		
	одного	двух	трех
30	11,915	15,486	17,52
31	16,081	23,105	27,083
32	17,508	18,689	21,005
33	11,731	16,303	18,541
34	11,18	14,794	16,892
35	11,435	18,451	19,712
36	10,849	14,162	16,184
37	10,771	14,041	16,089
38	10,727	13,983	16,154

Таблица 3

Результаты моделирования микроманипулятора координатных перемещений для стали

Расстояние между шарнирами, мм	Максимальные перемещения платформы при активации пьезостолбиков, мкм		
	одного	двух	трех
30	6,8634	8,9216	10,095
31	9,2915	13,342	15,363
32	9,5871	14,528	16,458
33	6,7583	9,3461	10,621
34	6,4421	8,5212	9,7475
35	69,444	8,3559	9,4169
36	6,2514	8,1523	9,322
37	6,2095	8,0934	9,2677
38	6,1853	8,0618	9,3015

Таблица 4

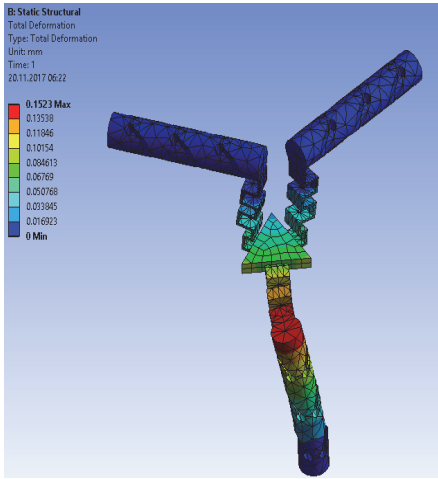
Результаты моделирования микроманипулятора координатных перемещений для медного сплава

Расстояние между шарнирами, мм	Максимальные перемещения платформы при активации пьезостолбиков, мкм		
	одного	двух	трех
30	12,334	16,03	18,111
31	16,647	23,898	28,006
32	17,586	35,849	31,588
33	12,144	16,822	19,132
34	11,575	15,318	17,409
35	13,242	10,389	11,657
36	11,233	14,666	16,668
37	11,154	14,542	16,569
38	11,108	14,482	16,638

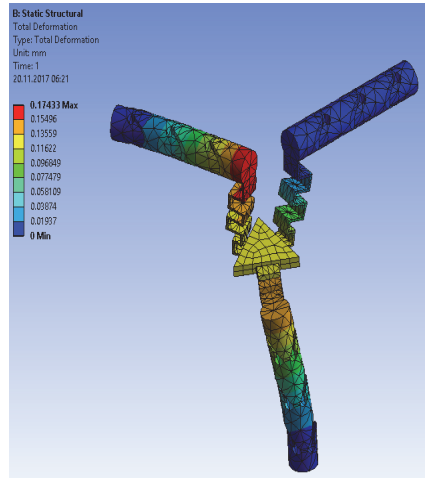
Как видно из таблиц, оптимальные значения межосевых расстояний не зависят от материала звеньев микроманипулятора и находятся в диапазоне от 31 до 32 мм.

Наличие экстремума функции перемещений платформы от длины звеньев связано с возрастанием деформации их изгиба, что, в свою очередь, приводит к скорому достижению предельных значений углов поворота в упругих шарнирах и ограничивает перемещение платформы.

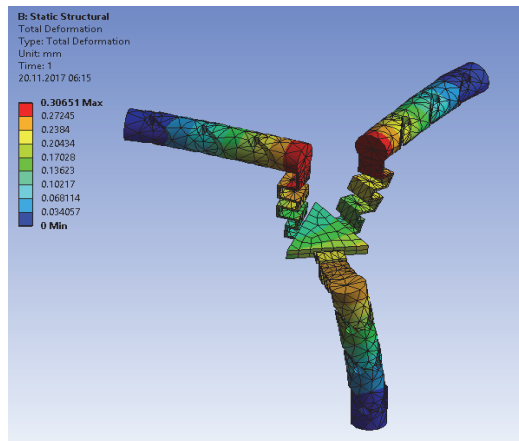
Аналогично решается задача для второй схемы микроманипулятора. Перемещения платформы микроманипулятора при изготовлении звеньев из сплава TI 6AL4V и действии одного, двух и трех актуаторов, соответственно, представлены на рис. 3.



a)



б)



в)

Рис. 3. Диаграммы перемещений микроманипулятора из сплава ТІ 6AL4V с расстоянием между шарнирами 30 мм при активации а- одного, б- двух, в- трех пьезостолбиков

Результаты моделирования кинематики микроманипулятора при изготовлении его звеньев из сплава ТІ 6AL4V, стали и медного сплава приведены в табл. 5-7.

Таблица 5

Результаты моделирования реконфигурируемого микроманипулятора для сплава
Т1 6AL4V

Расстояние между шарнирами, мм	Максимальные перемещения платформы при активации пьезоприводов, мкм		
	одного	двух	трех
30	152,3	174,33	306,51
31	258,49	275,31	289,54
32	294,42	198,41	256,34
33	308,48	184,28	195,48
34	395,75	191,76	218,49
35	399,42	154,49	221,84
36	248,96	111,42	116,98
37	248,92	102,69	314,86
38	246,49	102,19	214,89

Таблица 6

Результаты моделирования реконфигурируемого микроманипулятора
для стали

Расстояние между шарнирами, мм	Максимальные перемещения платформы при активации пьезоприводов, мкм		
	одного	двух	трех
30	75,23	87,433	173,042
31	72,695	84,861	162,41
32	92,594	108,748	174,83
33	95,443	101,126	123,57
34	75,982	101,245	111,23
35	75,821	103,212	215,82
36	78,945	103,055	198,16
37	75,321	103,266	197,896
38	74,557	103,942	199,035

Таблица 7

Результаты моделирования реконфигурируемого микроманипулятора для медного сплава

Расстояние между шарнирами, мм	Максимальные перемещения платформы при активации пьезоприводов, мкм		
	одного	двух	трех
30	169,13	209,36	256,91
31	189,82	289,42	289,7
32	198,41	367,21	398,74
33	158,73	189,14	195,87
34	187,42	167,82	189,02
35	198,11	214,58	229,78
36	117,08	184,72	198,54
37	123,01	198,21	178,76
38	130,8	200,34	195,24

После определения перемещений платформы определяются конструктивные жесткости микроманипуляторов при оптимальных значениях межосевых расстояний шарниров по известной формуле: $C = F/u$, где F – сила активации, u – максимальное перемещение.

Заключение

1. Для параллельного микроманипулятора координатных перемещений получены следующие оптимальные значения межосевых расстояний:

- а) материал: COOPER ALLOY – 32 мм (17,586 мкм, 35,849 мкм, 31,588 мкм);
- б) материал: Т1 6AL4V – 31 мм (16,081 мкм, 23,105 мкм, 27,083 мкм);
- в) материал: СТАЛЬ – 32 мм (9,5871 мкм, 14,528 мкм, 16,458 мкм).

2. Для параллельного реконфигурируемого микроманипулятора получены следующие оптимальные значения межосевых расстояний:

- а) материал: COOPER ALLOY – 32 мм (198,41 мкм, 367,21 мкм, 398,74 мкм);
- б) материал: Т1 6AL4V – 31 мм (258,49 мкм, 275,31 мкм, 289,54 мкм);
- в) материал: СТАЛЬ – 32 мм (92,594 мкм, 108,748 мкм, 174,83 мкм).

3. Для обоих вариантов исполнения микроманипуляторов оптимальные значения расстояний между осями поворота упругих шарниров практически не зависят от материала и составляют 31 и 32 мм: максимальные перемещения платформы уменьшаются с увеличением жесткости микроманипулятора.

4. Во всех рассмотренных случаях при вариации значений межосевых расстояний имеет место экстремум функции перемещений платформы, что

обусловлено деформацией изгиба звеньев микроманипуляторов, которые возрастают при увеличении их длин. Это, в свою очередь, приводит к увеличению углов поворота в шарнирах: более раннему достижению их допустимого значения и ограничению перемещений платформы.

Работа выполнена в рамках проекта 15Т-2D044, финансируемого Государственным комитетом по науке при Министерстве образования и науки Республики Армения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Հարությունյան Մ.Գ., Մկրտչյան Մ.Հ.** Ճշգրիտ սարքերի մշակման և մոդելավորման հայեցակարգային սկզբունքներ // ՀԱՊՀ-ի Լրաբեր. Գիտական հոդվածների ժողովածու. Մաս 2. – Երևան: Ճարտարագետ, 2015. – էջ. 302-307:
2. ՀՀ գյուտի արտոնագիր, N 2757 А. Ջուգախեռ միկրոմանիպուլյատոր / **Մ. Հարությունյան, Մ. Մկրտչյան, Ս. Սարգսյան, Ն. Զաքարյան.** – Երևան, 25.07.2013:
3. А.с. СССР № 1814353 А1, кл. F 16 Н 21/46. Механизм для координатных перемещений / **А.В. Кочикян, М.Г. Арутюнян, Т.Ф. Парикян, А.Л. Акопян и К.М. Рагульскис.** -1987.
4. **Մկրտչյան Մ.Գ., Верлинский С.В., Арутюнян М.Г., Аракелян В.А.** Исследование кинематических и жесткостных характеристик параллельного микроманипулятора с упругими шарнирами // Сб. трудов XX Межд. науч.-техн. конф. “Машиностр. и техносфера XXI века”. – Донецк-Севастополь, 2013. – Том 2. – С.185-188.
5. **Հակոբյան Ն.Խ., Հարությունյան Մ.Գ.** Կորդինատային տեղափոխություններ կատարող միկրոռոբոտի մոդելավորումը և հետազոտումը // ՀԱՊՀ Լրաբեր. Գիտական հոդվածների ժողովածու. – Երևան, 2017.- Մաս 2. – էջ 537-542:
6. **Акопян Н.Х.** Моделирование прецизионных модулей микроманипуляторов с упругими шарнирами// Сб. трудов XXIV Межд. науч.-техн. конф. “Машиностр. и техносфера XXI века”. – Донецк-Севастополь, 2017. –С.12-15.

Ն.Խ. ՀԱԿՈԲՅԱՆ, Ս.Վ. ՎԵՐԼԻՆՍԿԻ

ԱՌԱՋԳԱԿԱՆ ՀՈՂԱԿԱՊԵՐՈՎ ՋՈՒԳԱՇԵՌ ՄԻԿՐՈՄԱՆԻՊՍԱՆԻՊՍԱՏՈՐՆԵՐԻ ԵՐԿՐԱԶԱՓԱԿԱՆ ԵՎ ԿՈՇՏՈՒԹՅԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԻ ՕՊՏԻՄԱԼԱՑՈՒՄ

Քննարկվում է երկու տարբեր կառուցվածքներով զուգախեռ միկրոմանիպուլյատորների պարամետրերի օպտիմալացման խնդիրը: Խնդիրը լուծվել է ANSYS DesignXplorer ավտոմատացված մոդուլի միջոցով: Գտնվել են մանիպուլյատորի օպտիմալ չափերը՝ առաձգական հողակապերում տրված առավելագույն անկյունային շեղումն ապահովելու պայմանից:

Առանցքային բառեր. զուգախեռ միկրոմանիպուլյատոր, առաձգական հողակապեր, մոդուլ ANSYS DesigXplorer:

N.K. HAKOBYAN, S.V. VERLINSKI

OPTIMIZING THE GEOMETRIC AND HARDNESS CHARACTERISTICS OF PARALLEL MICROMANIPULATORS WITH ELASTIC JOINTS

The optimization problem of the parameters of micromanipulators of two different types is considered. The task was solved with the help of the automated module ANSYS DesignXplorer. The optimum sizes of micromanipulators for obtaining the platform maximum displacement at limiting the rotation angles of elastic joints at their presence are determined.

Keywords: parallel micromanipulator, elastic joints, module ANSYS DesigXplorer.

УДК 62-236.58:606:61

С.Д. КАЗАРЯН, М.Г. АРУТЮНЯН

РАЗРАБОТКА ПОРТАТИВНОГО ОРТЕЗА ДЛЯ ХОДЬБЫ И ПРИСЕДАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Предложена конструктивная схема уравновешенного портативного ортеза–ассистента для ходьбы и приседания человека.

Ключевые слова: ортез, реабилитационное устройство, статическое уравновешивание, эластичный элемент.

Введение. Ортезы – дублирующие механические и/или электромеханические (мехатронные) устройства, предназначенные для реабилитации/ поддержки функций опорно-двигательного аппарата человека (рис.1) [1-6]. При их наложении на тело человека они образуют биомеханические (биомехатронные) системы.

