

## ساخت میکروگریپر کامپلینت توسط روش اچینگ عمودی پلی اتیلن ترفتالات با کمک نور ماوراء بنفش

محمد صادق حاج‌هاشمی<sup>۱</sup>، فرشاد برازنده<sup>۲</sup>، هادی پارسائیان<sup>۳</sup>، امیر صنعتی نژاد<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ shajhashemi@gmail.com

<sup>۲</sup> عضو هیأت علمی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ fbarazandeh@aut.ac.ir

<sup>۳</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ parsaiyan.hadi@gmail.com

<sup>۴</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ amirsanatinejhad@gmail.com

### چکیده

این مقاله به ارائه مکانیزمی جدید در طراحی میکروگریپرها می‌پردازد. در این طرح از مکانیزم نیرو ثابت سازگار<sup>۱</sup> در طرح میکروگریپر استفاده گردید و همین امر باعث گردید تا نیروی اعمال شده از طریق فک‌های میکروگریپر به میکرو قطعات در حین پروسه میکرو مونتاژ ثابت باقی بماند. این خاصیت منحصر به فرد ما را از بکار بردن الگوریتم‌های کنترلی پیچیده به منظور کنترل موقعیت و نیروی اعمالی از طریق فک‌ها بی‌نیاز می‌سازد. در این گونه از مکانیزم‌های سازگار از تغییر شکل الاستیک ایجاد شده در مکانیزم برای دستیابی به حرکت مورد نیاز استفاده می‌شود بدین صورت که برای بازکردن فک‌های میکروگریپر از تحریک عملگر استفاده شده و بعد از قطع تحریک عملگر مکانیزم با استفاده از انرژی ذخیره شده در لولاها به حالت اول برگشته و فک‌ها بسته می‌شوند. ساخت این میکروگریپر با استفاده از روش‌های ساخت در ابعاد میکرونی بر روی ماده پلیمری پلی اتیلن ترفتالات به ضخامت ۱۲۵ میکرومتر انجام گرفت.

**کلمات کلیدی:** میکروگریپر، مکانیزم کامپلینت، فرایند ساخت در ابعاد میکرونی، نیرو ثابت

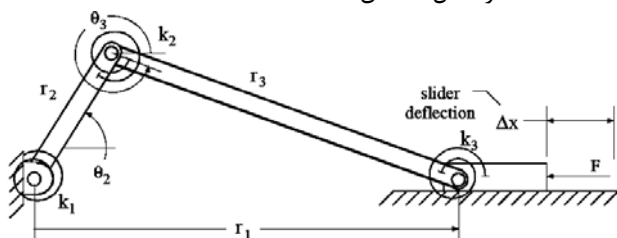
### مقدمه

با وجود اینکه پیشرفت‌های بسیار زیادی که در ساخت قطعات در ابعاد میکرونی حاصل شده است، مونتاژ کردن و موقعیت‌دهی دقیق این گونه قطعات با محدودیت‌های بسیار زیادی همراه است. یکی از دلایل این محدودیت این است که مونتاژ در ابعاد میکرونی تا حد اندکی شناخته شده است و دلیل این شناخت اندک به وجود نیروهای غیر مدل شده در ابعاد میکرون بر می‌گردد. این نیروها در ابعاد ماکرو قابل توجه نمی‌باشند. به طور مثال وقتی که یک قطعه در ابعاد کمتر از ۱ میلیمتر برداشته می‌شود نیروهای چسبندگی بین آن و جزء حمل کننده قابل مقایسه با نیروهای گرانشی می‌باشد [۱]. این نیروهای چسبندگی به علت نیروهای کشش سطحی، واندروالسی و جاذبه الکترواستاتیکی به وجود می‌آیند. علاوه بر در ابعاد میکرونی ساختارها شکننده هستند و به راحتی با اعمال نیروهای میکرونیوتنی می‌شکنند و این رنج از نیروها بوسیله اپراتوری که دارد میکروساختارها را به وسیله انبرک و میکروسکوپ مونتاژ می‌کند

قابل حس کردن نیست [۲]. در این راستا میکروگریپر به عنوان جزئی که قطعه را می‌گیرد و با آن در ارتباط است از اهمیت زیادی برخوردار است.

### طراحی میکروگریپر

با توجه به جدید بودن بحث سیستم‌های میکروالکترومکانیکی به تازگی چند طرح در جهان در زمینه میکروگریپرها ارائه گردیده است اما اکثر طرح‌ها بسیار ساده و ابتدایی می‌باشند و همچنین در این طرح‌ها کنترل نیروی وارده به میکرو جزء بسیار مشکل می‌باشد [۳]. طرحی که در این پروژه ارائه گردیده است دارای این قابلیت است که نیروی وارده به میکرو قطعات را همواره ثابت نگاه می‌دارد. یعنی اگر میکرو قطعات دارای تolerانس ساخت بوده و یا شکل خارجی آنها پیچیده بود باز هم نیروی وارده از طرف فک‌های میکروگریپر به قطعه ثابت بوده و نیازمند الگوریتم‌های کنترلی بسیار پیچیده برای کنترل نیرو نخواهیم بود. ایده اصلی این طرح از یک مکانیزم لغزنده گرفته شده است که در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱ - مکانیزم نیرو ثابت کامپلینت

برای تحلیل این مکانیزم بایستی به نحوی قسمت‌های انعطاف‌پذیر را مدل نمود که این کار با استفاده از تکنیک مدل شبه صلب<sup>۲</sup> انجام می‌گیرد. در این روش قسمت انعطاف‌پذیر با فنری با ضریب سختی مناسب تقریب زده می‌شود که مقدار آن به نوع و اندازه قسمت انعطاف‌پذیر مربوط می‌شود [۴].

### ساخت میکروگریپر

در مرحله ساخت ابتدا بایستی نقاب روی پلاستیک PET را الگودهی کنیم تا اینکه بتوانیم یک الگوی انتخابی مطابق با نقاب اصلی در نقاط مختلف داشته باشیم. برای این کار ابتدا نمونه را در معرض محلول DCM قرار می‌دهیم. سپس یک نقاب سیلیکونی روی آن

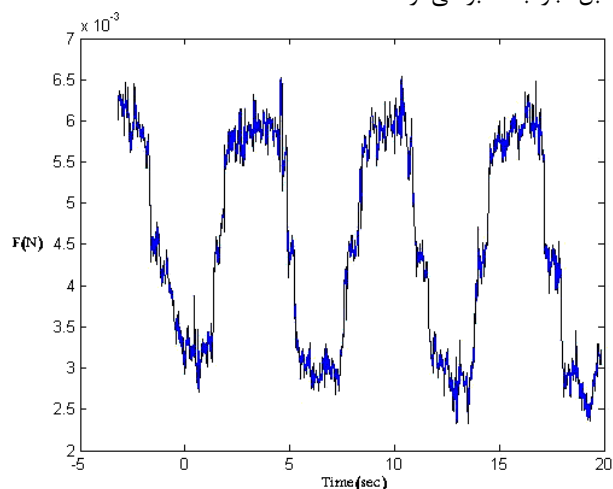
<sup>2</sup> Pseudo Rigid Body Model

<sup>1</sup> Compliant

## نتیجه‌گیری

در این مقاله اصول طراحی یک میکروگریپر نیروثابت همراه با ساخت آن توسط روش زدایش عمودی پلاستیک PET شرح داده شد. این خاصیت یعنی ثابت بودن نیرو از وجود مکانیزم کامپلینت نیرو ثابت در طرح ارائه ناشی می‌گردد. در این مکانیزم طول لینک‌ها به گونه‌ای بهینه گردیده است که در ۴۰ درصد کورس حرکتی لغزنده مقدار نیرو ثابت می‌ماند. در شکل ۴ چگونگی تغییرات نیرو بر حسب موقعیت لغزنده نشان داده شده است. پس از مرحله طراحی، میکروگریپر نیروثابت با استفاده از روش زدایش عمودی که شامل مراحل لایه نشانی، ایجاد الگو بر روی فتورزیست، پخت آن و زدایش در محلول DMF بود ساخته شد.

تغییراتی که در نیروی اعمالی توسط میکروگریپر در شکل ۶ مشاهده می‌شود به محدودیت‌های ساخت و تغییرات لازم در طرح میکروگریپر برای رسیدن به یک طرحی که از لحاظ پروسه ساخت قابل اجرا باشد بر می‌گردد.



شکل ۴- نحوه تغییرات نیروی میکروگریپر با توجه به موقعیت لغزنده

## مراجع

- [1]- Jungyul Park, Sangmin Kim, Deok-Ho Kim, "Identification and Control of a Sensorized Microgripper for Micromanipulation", IEEE/ASME Transactions on mechatronics, Vol. 10, No. 5, October 2005.
- [2]- Han zhang, Etienne Burdet and Dietmar Werner Hutmacher, "Robotic Micro-assembly of Scaffold/ Cell constructs with a shape memory alloy gripper", *Proceedings of the 2002 IEEE Intl. Conference of Robots and Automation, May 2002*, Washington, DC.
- [3]- Keith Houston, Arne Sieber, Oliver Tonet, Arianna Menciassi, and Paolo Dario, "Novel Haptic Tool and Input Device for Real Time Bilateral Biomanipulation addressing Endoscopic Surgery", *Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS Cité Internationale, Lyon, France August 23-26, 2007*.
- [4]- Howell, L.L., Midha, A., and Murphy, M.D, 1994, "Dimensional Synthesis of Compliant Constant-Force Slider Mechanisms," *Machine Elements and Machine Dynamics*, DE, Vol.71, pp. 509-51.

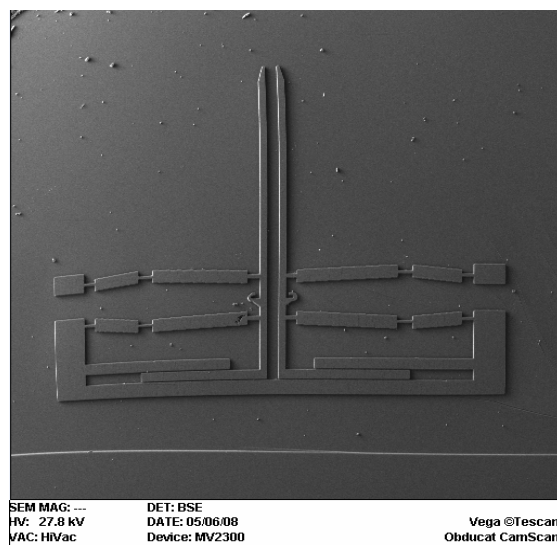
لایه نشانی می‌شود. سپس شکل نقاب اصلی را بوسیله عملیات نقش نگاری نوری روی نمونه بوجود می‌آوریم و نمونه را در معرض استون قرار می‌دهیم تا فتورزیست آن از بین برود. پس از این مرحله نمونه آماده وارد شدن به دستگاه زدایش پلاستیک PET می‌باشد.

در شکل ۲ تمامی مراحل ساخت میکروگریپر که شامل شستشوی ورق در محلول DCM، ایجاد نقاب سیلیکون، ایجاد نقاب فتورزیست، پیش پخت، نورپردازی، ظهور، پخت نهایی، زدایش نقاب سیلیکون در دستگاه RIE، اچینگ نهایی توسط محلول DMF و زدایش نقاب فتورزیست بصورت مختصر نشان داده شده است.



شکل ۲- مراحل مختلف آماده سازی نمونه PET، لایه نشانی و الگودهی نقاب و انجام زدایش نقاب

میکروگریپر ساخته شده توسط روش فوق در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- میکروگریپر ساخته شده توسط زدایش عمودی پلاستیک PET