

گواهینامه

بیست و دومین کنفرانس سالانه بین المللی
مهندسی مکانیک

دانشگاه شهید چمران اهواز، دوره هفدهم، مکانیک، ۲۲-۲۴ اردیبهشت ۱۳۹۳



CERTIFICATE

The 22nd Annual
International Conference
on Mechanical Engineering
Shahid Chamran University of Ahwaz
Department of Mechanical
Engineering, 22-24 April 2014



دانشگاه شهید چمران اهواز



گروه ملی صنایع، فوجند، اهواز



شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب



سازمان آب و برق خوزستان



انجمن مهندسان مکانیک ایران

بدینوسیله گواهی می شود که مقاله با عنوان:

بررسی عددی تغییر طول ناحیه غیر یکنواخت زتا در ریزمجرای دارای انشعاب

نویسندگان:

محمد رضا معاونیان، محمد حسن جوارشکیان

در بیست و دومین کنفرانس سالانه بین المللی مهندسی مکانیک در دانشکده مهندسی دانشگاه شهید چمران اهواز ارائه شده است.

دکتر کورش حدیدی شمیرازی
دبیر علمی کنفرانس

دکتر ابراهیم حاجی دولو
دبیر کنفرانس

دکتر محمد شمس ناز
نایب دبیر کنفرانس

بررسی عددی تغییر طول ناحیه غیر یکنواخت زتا در ریزمجرای دارای انشعاب

محمد رضا معاونیان¹، محمد حسن جوارشکیان²

¹دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک موسسه آموزش عالی اقبال لاهوری مشهد، m.moavenian10@yhoo.com
²عضو هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک دانشگاه فردوسی مشهد، javareskian@um.ac.ir

چکیده

در این پژوهش یک ریزمجرای دارای دو انشعاب T شکل همراه با گرفتگی مجرا شبیه سازی عددی شده است. معادله استوکس برای توزیع میدان الکتریکی خارجی و معادله پواسون- بولتزمن برای توزیع پتانسیل لایه های دابل الکتریکی برای یک سیال نیوتنی تراکم ناپذیر در حالت جریان پایا داخل یک ریزمجرای مسطح توسط یک روش عددی بر مبنای حجم محدود بامتغیرهای هم مکان در یک سیستم مختصات منطبق بر مرزگسسته حل گردیده اند. طول های متغیر ناحیه ی غیر یکنواخت زتا در محل دارای انشعاب شبیه سازی شده اند و راه حلی جهت همگون سازی میدان سرعت اطراف ناحیه غیر یکنواخت زتا توسط تغییر پتانسیل انشعابات ریزمجرای ارائه شده است.

واژه های کلیدی

ریز مجرا، زتا پتانسیل غیر یکنواخت، جریان الکترواستاتیک، انشعاب

مقدمه

ریزمجراها ابزار انتقال نمونه های سیال میکرو فلئوئیدی هستند. چگونگی کنترل جریان در این وسایل چالشی بحث برانگیز در دهه کنونی بوده است. این ابزارها عمدتاً در صنعت دارو سازی، صنایع الکترونیک، علوم پزشکی، صنایع نظامی و... کاربرد دارند هر گونه خللی از جمله گرفتگی، ایجاد ترک، انقباض و انبساطات شدید و ... سبب کاهش کارایی این ابزار می شود.

هنگامی که یک سطح ناساناً در معرض یک محلول الکتروولیت قرار می گیرد یک بار الکتریکی تولید می شود، سطح باردار یونهای محلول مجاور خود را تحت تاثیر قرار می دهد به طوری که بارهای نا هم نام سطح و محلول جذب یکدیگر می شوند. در نتیجه این فرآیند بارهای مخالف ناحیه وسیعی در نزدیک دیواره تشکیل می دهند که به نام لایه های دابل الکتریکی (ای دی ال) معروفند. در حقیقت واکنش محلول یونیزه شده با بار استاتیک روی سطح نارساناً در دیواره ریزمجرای تشکیل لایه های دابل الکتریکی را می دهد. لایه های دابل الکتریکی خود شامل دو زیر لایه به نام های لایه استرن و

لایه پخش می باشد، دسته یونهای نزدیک دیواره تشکیل لایه استرن را می دهند، این یونها داخل این لایه با نیروی قوی الکترواستاتیک به دیواره می چسبند، و در نتیجه نزدیک دیواره ساکن می شوند. بلافاصله پس از این لایه، لایه پخش تشکیل می شود که در این لایه یونهای با چگالی متفاوت قرار دارند که از رابطه بولتزمن پیروی می کند.

پژوهشگران بسیاری به بررسی اثرات غیر یکنواختی پتانسیل های زتا پرداخته اند که به چند نمونه از آنها اشاره می کنیم. دیلپ و دیرک [1] به مطالعه جریان الکترواستاتیک در ریزمجراها پرداخته اند، و دیواره های کانال که دارای پتانسیل های غیر یکنواخت هستند را توسط اصلاح شیمیایی با یک پلیمر کاتیونی اصلاح کرده اند. همچنین به اعمال ولتاژ بر روی الکترودهای ورودی و کنترل تنش برشی یکنواخت اشاره ای داشته اند. پارک و لی [2] به بررسی زبری دیواره ناشی از غیر یکنواختی پتانسیل های زتا پرداخته اند و سعی کرده اند تا رابطه ای برای پتانسیلهای غیر یکنواخت دیواره بدست آورند. همچنین رابطه سرعت جریان با زبری دیواره را مورد بررسی قرار داده اند. کلادیو [3] در تحقیقش به شبکه های میکرو سیالاتی در ریزمجراهای دارای انشعاب اشاره داشته و نرخ جریان سیال و جریان الکتریکی را در هر شاخه از شبکه به عنوان تابعی از پتانسیل الکتریکی کاربردی و گرادیانهای فشار مدل سازی کرده است. ژوکوفسکی و همکاران [4] یک کانال مستقیم با طول ثابت و زتا پتانسیل های متغیر را مورد بررسی قرار داده اند. آنها ترکیبی از جریان الکترواستاتیک و جریان فشار محور را از داخل یک کانال مستقیم عبور داده اند و تغییرات طولی پتانسیل زتا را بررسی کرده اند. و در نتیجه تحقیقاتشان توسط توزیع سرعت هیدرودینامیک، ارتفاع صفحه کانال برای یک حلال غیرالکتروولیت مرتبط با توزیع طولی کانال را بدست آورده اند. لی و همکاران [5] ویژگی های جریان الکترواستاتیک در ریزمجراهای استوانه ای را بررسی نموده اند. آنها به تاثیرات پتانسیل های غیر یکنواخت زتا بر روی پروفیل سرعت نیز اشاره ای داشته اند. در ادامه به گردش جریان محلی با استفاده از الگوی ناهمگن از پتانسیل های زتا و یا ترکیبی از یک توزیع پتانسیل زتا ناهمگن و اختلاف فشار اعمال شده بروی کانال پرداخته اند. همچنین افرادی همچون یالسنین و همکاران [6]، سانچز و همکاران

[7]، هادی گل و همکاران [8]، میر بزرگیونیاژمند [9] به بررسی زتا پتانسیل های غیر یکنواخت در ریزمجراها پرداخته اند.

پژوهش های انجام شده نشان می دهد که اگر چه ویژگی اصلی پتانسیل های غیر یکنواخت زتا مرتبط با جریان الکترواستمیتیک مورد بررسی قرار گرفته اند، اما تاکنون به بررسی پتانسیل های غیر یکنواخت زتا در ریزمجراهای دارای انشعاب که در محل انشعاب دچار خلل باشند پرداخته نشده است. هدف از این تحقیق بررسی این پدیده در دو طول مختلف ناحیه غیر یکنواخت زتا و ارائه راه حل کاربردی جهت همگون سازی میدان سرعت در ناحیه غیر یکنواخت پتانسیل های زتا می باشد.

معادلات

جهت حل و شبیه سازی مسئله از معادلات استوکس استفاده شده است. معادلات جریان استوکس تقریباً شبیه معادلات ناویر استوکس است با این تفاوت که در آن فرض می کنیم که ترم $\rho u \cdot \nabla u$ صفر است. بنابر این رابطه جریانی با عدد رینولدز خیلی پایین و نیروهای اینرسی خیلی کوچک را توصیف می کند. بر خلاف معادلات ناویر استوکس معادلات استوکس از یک سیستم تقریباً خطی پیروی می کنند. معادلات استوکس به صورت زیر است:

$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} - \nabla \cdot [-PI + \zeta (\nabla u + (\nabla u)^T)] = F \quad (1)$$

$$\nabla \cdot u = 0 \quad (2)$$

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + (\nabla \cdot \nabla) v \right) = -\rho g \nabla h - \nabla P + \mu \nabla^2 v \quad (3)$$

$$\nabla P = f + \mu \nabla^2 v \quad (\nabla \cdot \nabla) v = 0, \quad -\rho g \nabla h = f \quad (4)$$

چون گرادیان سرعت یک ماتریس متقارن است با توجه به خواص ماتریسی داریم:

$$\nabla u + (\nabla u)^T = \nabla u^2 \quad (6)$$

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} \right) + \nabla P + \mu [\nabla u + (\nabla u)^T] = f \quad (7)$$

از معادله پواسون - بولتزمن داریم:

$$\frac{d^2 \psi}{dy^2} = k^2 \sinh(\psi) \quad (8)$$

با توجه به اینکه مقدار ψ در ریز مجراها خیلی کوچک است می توان $\psi \sim \sinh(\psi)$ فرض کرد پس خواهیم داشت: (9)

$$\frac{d^2 \psi}{dy^2} = k^2 \psi$$

با توجه به شرایط مرزی زیر داریم:

$$\psi|_{y=0} = \xi, \quad \frac{\partial \psi}{\partial y} \Big|_{y=\frac{H}{2}} = 0 \quad (10)$$

$$\psi = \frac{\cosh \left[k \left(\frac{y}{H} - \frac{1}{2} \right) \right]}{\cosh \left(\frac{kH}{2} \right)} \quad (11)$$

مدل سازی ریاضی

در واقع دو مکانیزم می تواند جریان یک محلول شناور را در میدان الکتریکی حرکت دهد: (1) در حضور سطح جامد مثل سطح ریز

ماشین کاری شده کانالهای یک ریز تراشه زیستی (2) محلول باردار به شکلی که نزدیک سطوح دیواره باشد.

در این تحقیق از روش دوم استفاده شده است. این لایه ها مربوط به لایه های دابل پخششی " زیر لایه دوم ای دی ال ها" می شوند که بر اساس ماده مورد استفاده شان به شکل گروههایی با بار منفی یا مثبت در سطوح دیواره مورد استفاده قرار می گیرند. میدان الکتریکی، بار الکتریکی مایع را در لایه های دابل باردار جا به جا می کند و بدین سان یک جریان الکترواستمیتیک به وجود می آید.

در داخل ریز مجرا یک نیرو به بارهای مثبت محلولی که نزدیک سطح دیواره است تحمیل می شود و جریان سیال در جهت میدان الکتریکی شروع به حرکت می کند. گرادیان سرعت عمود بر دیواره موجب انتقال ویسکوزیته در جهت میدان الکتریکی می شود. در غیاب نیروهای دیگر سرانجام پروفیل سرعت تقریباً در مقطع عمود بر دیوار غیر یکنواخت می شود. ثابت زمانی تقریباً در تمام جریان 1ms است. در حالی که جریان در لایه های دابل به سرعت تغییر می کند، دومین اثر به واسطه ی تفاوت در حرکت و بار گونه های یونی است. یونهای باردار مثبت و منفی در جهت های مختلفی حرکت می کنند، و این یونها مولکول های آب را به میزان مختلفی با خود به داخل سیستم کانال می کشند، آب به وسیله یونهای سدیم کشیده می شود که می تواند مولکولهای آب را بیشتر از یونهای سدیم در محلول منظم کند. این نوع از جریان را جریان الکتروفوریتیک می نامند.

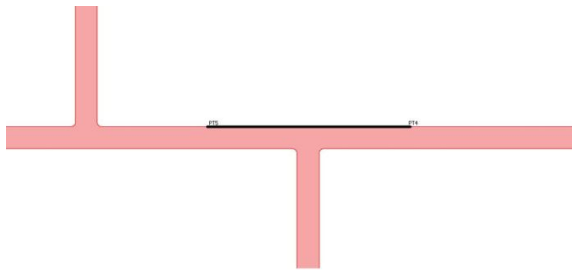
هندسه ریزمجرا و شرایط مرزی

جریان در یک ریز تراشه فقط توسط اثر الکترواستمیتیک قابل بیان است. برای شبیه سازی این نوع جریان می بایست مدل با توزیع پتانسیل الکتریکی در محلول یونی ای که از داخل ریز تراشه می گذرد و همچنین با معادلات برای جریان سیال کوپل باشد. شکل (1) هندسه ریز تراشه را نشان می دهد. پتانسیل های متفاوت بین بخشهای مختلف هندسه شکل اعمال می شوند که یک جریان در جهت عمودی یا افقی تولید می کنند که این نیز بستگی به جهت اعمال میدان الکتریکی دارد. در این مدل یک جریان افقی از راست به بالا را در کانال اصلی تولید می کنیم که می توان پتانسیل ها را در مرزهای بازی که سیال اجازه دارد وارد و یا خارج از سیستم کانال شود قرار دهیم. دیواره های مرزی نشان دهنده لایه های پخش کننده در مرزها هستند. طول شاخه اصلی کانال $2e^{-2}$ و $1/45$ عرض این شاخه $2e^{-2}$ میلیمتر می باشد اما عرض انشعابات متفاوت است. سیال کاری آب به همراه نمک (NaCl) می باشد که خواص و شرایط آن در جدول شماره 1 آورده شده است.

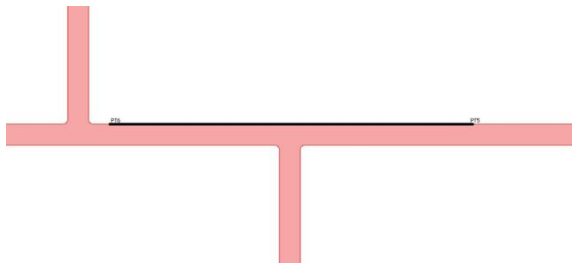
معادلات مربوط به شرایط مرزی عبارتست از:

$$u = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r \xi_0}{\zeta} \nabla v \quad (12)$$

ولتاژ مرزی و ورودی:



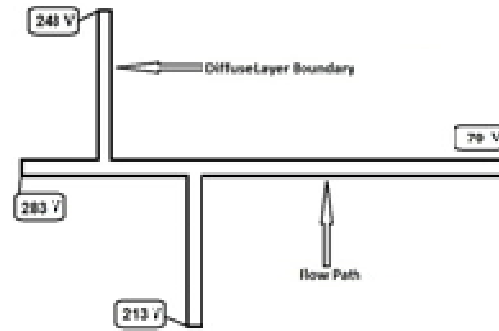
شکل 2- ناحیه غیر یکنواخت پتانسیل های زتا به طول $3 \text{ (mm)} - 2/25 \text{ e}$



شکل 3- ناحیه غیر یکنواخت پتانسیل های زتا به طول $3 \text{ (mm)} - 4/25 \text{ e}$

نتایج و بحث ها

هنگامی که جریان الکترواستاتیک از داخل ریزمجرهای میکرونی پزشکی عبور می کند ذرات بیولوژیکی سیال گذرنده از این مجراها به دیواره کانال می چسبند و سبب غیر یکنواختی سطح توزیع بار الکتریکی در آن ناحیه می شوند. عواملی دیگر مانند وجود ناخالصی در ماده سازنده دیواره ریزمجره، تولید ترک، انواع جذب سطحی دیواره و تغییرات پی اچ (PH) محلول را می توان به عنوان دلایل غیر یکنواختی پتانسیل های زتا در داخل ریزمجرها دانست. در این تحقیق ابتدا " شبیه سازی اعتبارسنجی شده، و پس از آن زتا پتانسیل های منفی مختلف در محل انشعاب مورد بررسی قرار گرفته اند. به منظور اعتبار سنجی؛ یک ریز مجرا که از دو صفحه موازی با زتا پتانسیل های متغییر در دیواره در نظر گرفته شده مورد بررسی قرار می گیرند؛ و نمودار سرعت بر حسب طول مجرا برای شبیه سازی انجام شده با نتایج مرجع [9] در شکل (4) مقایسه می گردند. این مقایسه تطابق خوبی را نشان می دهد که روند عددی مورد استفاده در شبیه سازی را تایید می نماید. در نمونه ای که در شکل (1) نشان داده شده است جریان ابتدا از سمت راست وارد مجرا می شود. اگر در ابتدا در شاخه های جریان گرفتگی وجود نداشته باشد خطوط جریان به صورت متوازن از مقطع سمت راست به مقطع سمت چپ گذر خواهند کرد (شکل 5). اما اگر مقطع جریان دچار گرفتگی شود در ناحیه ناهمگون توازن عبور خطوط جریان برهم می خورد و گردابه هایی نزدیک دیواره بالایی (محل تشکیل اختلال) ایجاد می شود، که علت آن اختلاف پتانسیل های زتا بین مکان خلل و مکان های سالم است. این موضوع به خوبی در شکل (6) نمایان می باشد.



شکل 1: هندسه ریز تراشه

جدول شماره 1: خواص سیال کاری

نماد	مقدار	توضیحات
ρ	10^3 kg/(m.s)	چگالی سیال
η	10^3 kg/(m.s)	ویسکوزیته دینامیکی
σ	$0/11845 \text{ s/m}$	رسانایی الکتریکی
ϵ_r	$80/2$	گذردهی نسبی آب
ζ_0	$0/1 \text{ V}$	پتانسیل زتا

$$[-PI + \eta (\nabla u + (\nabla u)^T)]. n = 0 \quad (13)$$

ϵ_0 نشانگر گذردهی فضای آزاد $(\frac{F}{m})$ ، ϵ_r نشانگر گذردهی نسبی آب (بدون بعد)، ζ_0 مربوط به پتانسیل زتا در دیواره کانال (v) و v نشانگر پتانسیل بر حسب (v) است. فرض کنیم یونهای حمل کننده جریان هیچ غلظتی نداشته باشند، این امکان وجود دارد که بالانس جریان در داخل کانال مقدار مقاومت اهمی اش پایین بیاید که معادلات بالانس برای چگالی بدین صورت است.

$$\nabla \cdot (-\sigma \nabla v) = 0 \quad (14)$$

در اینجا σ نشانه رسانایی بر حسب s/m و عبارت داخل پرانتز نشان دهنده چگالی جریان است که بر حسب $(\frac{A}{m^2})$ است.

شرایط مرزی مربوط به بالانس جریان در زیر آورده شده است:

ولتاژ مرزی ورودی و خروجی

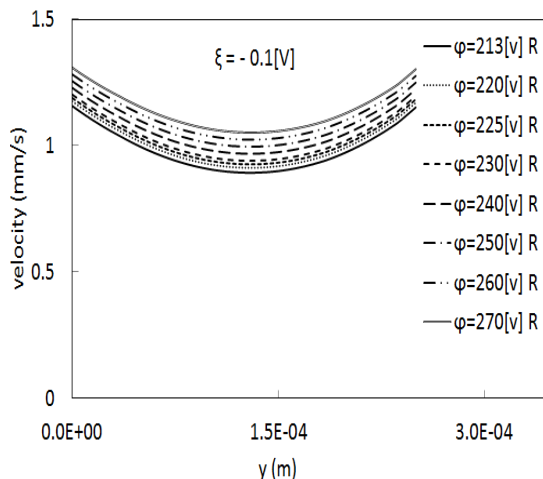
$$v = v_0 \quad (15)$$

$$-\sigma \nabla v \cdot n = 0 \quad (16)$$

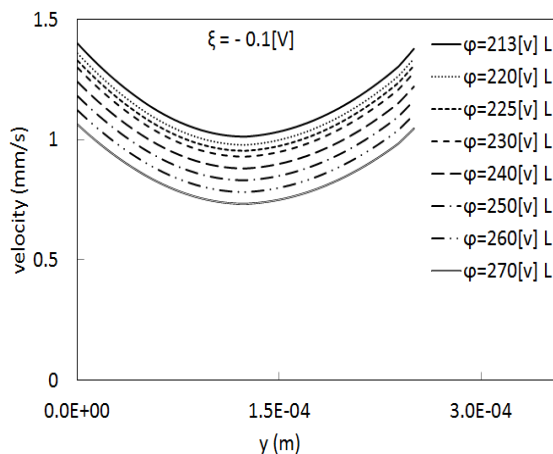
که v_0 مربوط به ولتاژی است که در مرزهای طبیعی قرار دارد. در این مرزها پتانسیل و توزیع جریان در ریز تراشه به شرطی تعیین می شود که سیال وارد یا خارج و یا در یک مکان در داخل ریز تراشه ساکن شود.

در این تحقیق سعی شده تا میدان سرعت در ناحیه ای گسترش یافته از پتانسیل های غیر یکنواخت زتا مورد بررسی قرار گیرند، این امر در دو ناحیه با طول مختلف از پتانسیل های غیر یکنواخت زتا بررسی شده است که در شکل های (2) و (3) نشان داده شده است.

در این پژوهش دو نمونه از ناحیه غیر یکنواخت زتا با دو طول متفاوت بررسی شده اند که با تغییر در پتانسیل پایین ترین شاخه شاهد تغییر در میدان سرعت در اطراف ناحیه ناهمگون خواهیم بود. اشکال (7.1) تا (7.7) میدان سرعت این ناحیه را برای طول (mm) 3×10^{-3} تا 2.5×10^{-3} نشان می دهد.

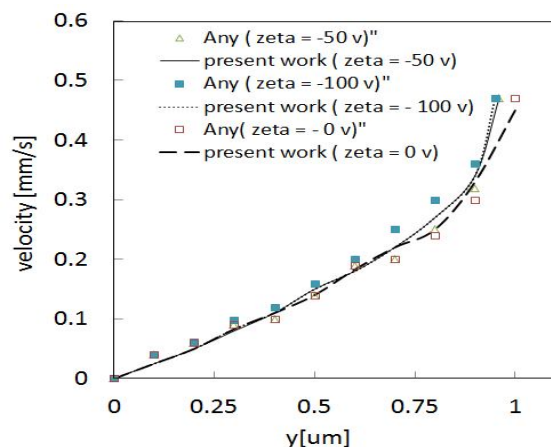


شکل 7-آ- میدان سرعت در سمت راست گردابه در ناحیه ای از پتانسیل های غیر یکنواخت زتا به طول (mm) 3×10^{-3} برای پتانسیل های مختلف شاخه پایین

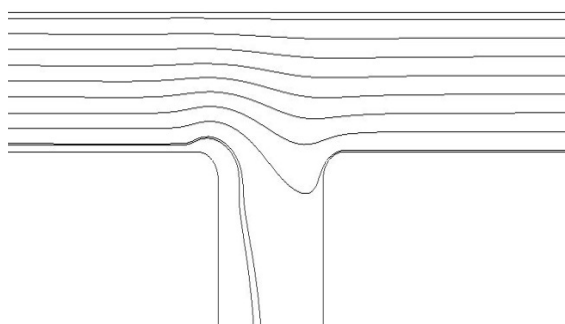


شکل 7-ب- میدان سرعت در سمت چپ گردابه در ناحیه ای پتانسیل های غیر یکنواخت زتا به طول (mm) 3×10^{-3} برای پتانسیل های مختلف شاخه پایین

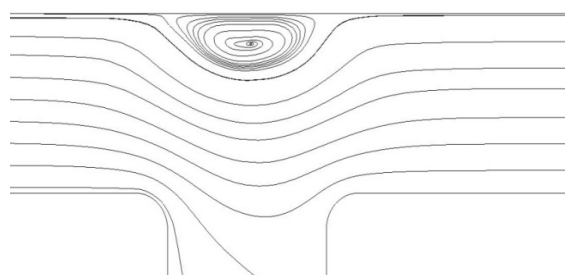
همان طور که در شکل (7) دیده می شود با افزایش پتانسیل شاخه پایین میدان سرعت افزایش پیدا می کند که این خود سبب آشفستگی جریان در کانال می شود، و در پی آن کنترل دبی خروجی کانال غیر ممکن خواهد شد. شکل (7) ب. همین موضوع را در طرف چپ گردابه نشان می دهد. بر خلاف طرف راست گردابه، در این قسمت با افزایش پتانسیل شاخه پایین میدان سرعت کاهش می یابد،



شکل 4- مقایسه نتایج توزیع سرعت بر حسب طول مجرا برای شبیه سازی کار حاضر با داده های تحلیلی به ازای زتا پتانسیل های مختلف



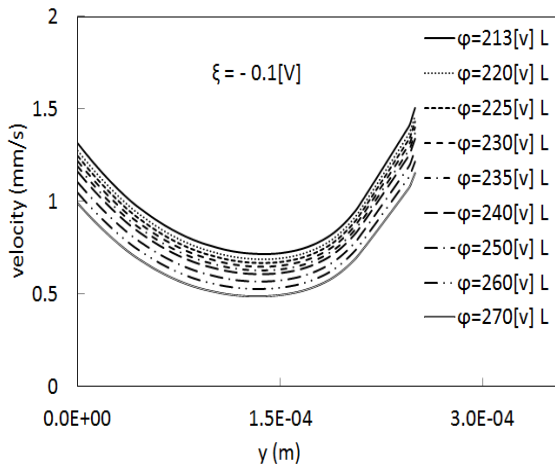
شکل 5- نمونه ریزمجرا بدون گرفتگی



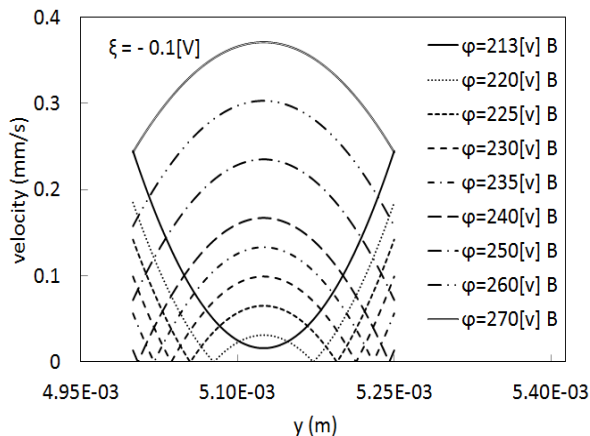
شکل 6- گردابه تشکیل شده در محل خلل

میزان انسداد کانال و همچنین تولید گردابه در کنار دیواره کانال به مقدار غیر یکنواختی پتانسیل های زتا وابسته است. یک دیواره سالم در ریزمجرا می بایست برای عبور جریان الکترواستاتیک در داخل خود دارای پتانسیل زتای مثبت باشد، چنانچه گرفتگی در داخل ریزمجرا ایجاد شود و یا هر گونه آسیبی از قبیل شکستگی یا وجود ترک و یا تغییر شکل نامتوازی در شکل ریزمجرا به وجود آید پتانسیل های زتای منفی در محل خلل شکل می گیرند، این پتانسیل ها سبب بر هم خوردگی میدان سرعت و همچنین تغییر در میدان فشار در داخل ریزمجرا می شود که در پی آن میزان کنترل بر دبی خروجی از هر مقطع کانال بر هم می خورد و راندمان و دقت وسیله را کاهش می دهد.

شکل 8) - میدان سرعت در سمت راست گردابه در ناحیه ای از پتانسیل های غیریکنواخت زتا به طول $3 \times 10^{-3} - 4/25 \text{ e}$ برای پتانسیل های مختلف شاخه پایین

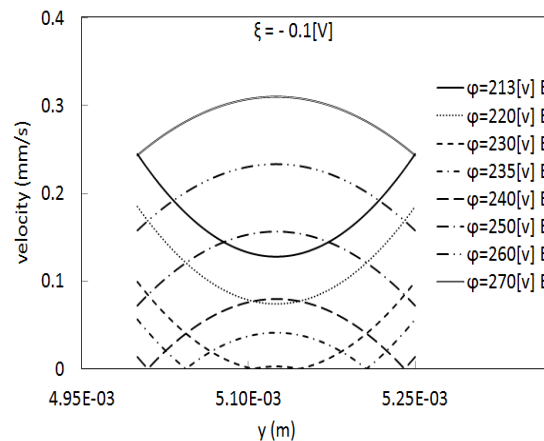


شکل 8) -ب- میدان سرعت در سمت چپ گردابه در ناحیه ای از پتانسیل های غیریکنواخت زتا به طول $3 \times 10^{-3} - 4/25 \text{ e}$ برای پتانسیل های مختلف شاخه پایین



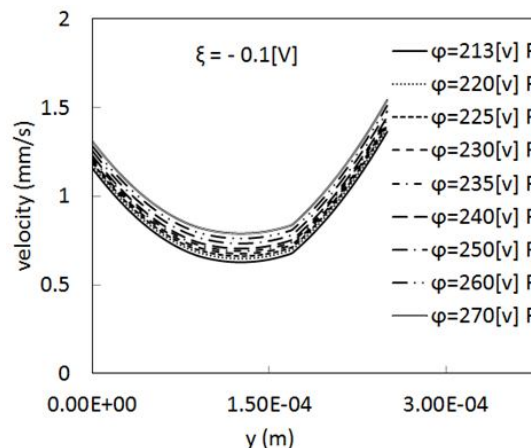
شکل 8) -ث- میدان سرعت در پایین گردابه در ناحیه ای از پتانسیل های غیریکنواخت زتا به طول $3 \times 10^{-3} - 4/25 \text{ e}$ برای پتانسیل های مختلف شاخه پایین

در ناحیه غیر یکنواختی به طول $3 \times 10^{-3} - 2/25$ زمانی که پتانسیل شاخه پایین 213 [v] است سرعت سمت راست گردابه $0/892362 \text{ (mm/s)}$ و در طرف مقابل $0/012944 \text{ (mm/s)}$ است اما با اصلاح پتانسیل شاخه پایین و رساندن آن به 229 [v] شاهد این خواهیم بود که سرعت در سمت راست و چپ گردابه به ترتیب برابر $0/936936 \text{ (mm/s)}$ ، $0/934446 \text{ (mm/s)}$ خواهد شد. برای طول $3 \times 10^{-3} - 4/25 \text{ e}$ با پتانسیل 213 [v] شاخه پایین سرعت راست و چپ گردابه به ترتیب $0/628369 \text{ (mm/s)}$ ، $0/628369 \text{ (mm/s)}$ خواهد بود ولی با افزایش این پتانسیل به 226 [v] شاهد این خواهیم بود که سرعت سمت راست گردابه $0/66534 \text{ (mm/s)}$ و در طرف مقابل $0/666483 \text{ (mm/s)}$ خواهد شد. این موضوع نشان



شکل 7) -ث- میدان سرعت در پایین گردابه در ناحیه ای از پتانسیل های غیر یکنواخت زتا به طول $3 \times 10^{-3} - 2/25 \text{ e}$ برای پتانسیل های مختلف شاخه پایین

که این نشان دهنده چرخش راست گرد گردابه تشکیل شده در محل خلل می باشد. سمت راست گردابه سبب مکش جریان در مجرای فوق و طرف مقابل دهش جریان را به دنبال خواهد داشت که این امر توازن میدان سرعت در طرفین گردابه به شدت بر هم زده و عبور جریان را با مشکل رو به رو خواهد کرد. شکل (7) ث. میدان سرعت در پایین گردابه را نشان می دهد. همان طور که در شکل مشخص است ابتدا روند کاهشی میدان سرعت در این ناحیه را شاهد هستیم اما با گذشتن پتانسیل شاخه پایین از $\phi = 230 \text{ [v]}$ شاهد افزایش میدان سرعت می باشیم. علت این امر همان مکش و دهش گردابه تشکیل شده است. هنگامی که با افزایش پتانسیل شاخه پایین مکش از سمت راست گردابه بیشتر می شود، هم زمان مکش سمت چپ گردابه کاهش می یابد، این اختلاف دبی از شاخه پایین خارج می شود و با افزایش پتانسیل شاخه ی پایین به طور پیوسته بر میدان سرعت این شاخه می افزاید. اشکال (8. ا) تا (8. ث) همین توصیفات را برای طول $3 \times 10^{-3} - 4/25 \text{ e}$ ناحیه غیر یکنواخت زتا را نشان می دهد. همان طور که در کلیه اشکال مشخص است وجود خلل، میدان سرعت کانال را ناهمگون می کند و همین امر سبب اختلال در روند کارکرد این وسایل میکرونی می شود.



می دهد که با اصلاح پتانسیل های شاخه های کانال می توان میدان سرعت اطراف ناحیه غیر یکنواخت زتا را تا حد چشم گیری به یکدیگر نزدیک کرد، همچنین با این روش می توان دبی خروجی از کانال را با دقت بالایی پیش بینی کرد.

نتیجه گیری

در این تحقیق با شبیه سازی یک سیستم میکرونی دارای انشعاب مشکل گرفتگی این وسایل مورد بررسی قرار گرفته و راه حلی جهت همگون سازی میدان سرعت در ناحیه ناهمگون اطراف محل گرفتگی ارائه شده است. معادلات استوکس برای عبور نمونه سیال در داخل ریز مجرا به طور عددی حل شدند. عوامل غیریکنواختی پتانسیل های زتا در دیواره ریزمجراها بررسی قرار گرفته اند. همچنین این شبیه سازی برای دو طول مختلف از ناحیه غیر یکنواخت زتا مورد بررسی قرار گرفته است. علل مکش و دهنش جریان در شاخه های مختلف تحلیل و بررسی گردیده است.

در حقیقت هنگامی که با گرفتگی، وجود ترک، ناخالصی در جنس دیواره ریزمجرا و عوامل دیگری که سبب وجود غیر یکنواختی پتانسیل های زتا در مناطق دارای انشعاب در این وسایل میکرونی مواجه می شویم، می توانیم با تغییر در پتانسیل های شاخه های فرعی میزان غیریکنواختی در میدان سرعت در اطراف گردابه های ایجاد شده در محل خلل را به طور چشم گیری به حالت همگون و متوازن نزدیک کنیم. در واقع در اثر غیریکنواختی پتانسیل های زتا در اتصالات دارای انشعاب در مکان خلل گردابه ای تولید می شود که میدان سرعت را در کانال انتقال دهنده سیال به شدت نا متوازن می کند به طوری که کلیه محاسبات به منظور پیش بینی دبی خروجی از مجرا را دچار اختلال می کند و راندمان کیفی دستگاه را کاهش می دهد. اما با استفاده از روش تغییر در پتانسیل شاخه های فرعی این مشکل تا حد قابل توجهی برطرف شده و دبی های مطلوب کاربر را از این وسایل می توان انتظار داشت.

فهرست علائم

F : نیروی حجمی N

H : ارتفاع ریزمجرا m

k : پارامتر زخامت ای دی ال

n : بردار نرمال

P : فشار pa

u : سرعت اجزا در مختصات کارتزین mm/s

x, y : مختصات کارتزین mm

علائم یونانی

ϵ_r : گذردهینسیاب

ρ : چگالی سیال kg/m^3

η : ویسکوزیته دینامیکی $kg/(m.s)$

σ : رسانایی الکتریکی s/m

ϵ_r : گذر دهی نسبی آب

ζ : زتا پتانسیل v

Ψ : پتانسیل الکتریکی در راستای yv

ϕ : پتانسیل الکتریکی در راستای xv

مراجع

- [1] DileepMampallil, Dirk van den Ende,2013. "Electroosmotic shear flow in microchannels" , *Journal of Colloid and Interface Science* , 15 January, Pages 234–241
- [2] H.M. Park , , H.D. Lee,2012 , " Effects of wall roughness and velocity slip on streaming potential of microchannels", *International Journal of Heat and Mass Transfer* , May, Pages 3295–3306
- [3] Claudio L.A. Berli ,2007," Theoretical modelling of electrokinetic flow in microchannel networks" , *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 5 July, Pages 271–280
- [4] Emilij K. Zholkovskij , Andriy E. Yaroshchuk , Jacob H. Masliyah , Joan de Pablo Ribas,2010, " Broadening of neutral solute band in electroosmotic flow through submicron channel with longitudinal non-uniformity of zeta potential " , *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* , 5 February, Pages 338–346
- [5] Jacky S.H. Lee , Carolyn L. Ren , Dongqing Li ,2005," Effects of surface heterogeneity on flow circulation in electroosmotic flow in microchannels".*AnalyticaChimicaActa* , 14 February, Pages 273–282
- [6] Sinan E. Yalcin , Ashutosh Sharma , ShizhiQian , Sang W. Joo , OktayBaysal ,2011," On-demand particle enrichment in a microfluidic channel by a locally controlled floating electrode", *Sensors and Actuators B: Chemical* 31 March, Pages 277–283
- [7] S. Sánchez , J. Arcos , O. Bautista , F. Méndez ,2013,"Joule heating effect on a purely electroosmotic flow of non-Newtonian fluids in a slit microchannel", *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics* , Pages 1–9
- [8] Mohammad Hadigol, Reza Nosrati , MehrdadRaisee,2011,"Numerical analysis of mixed electroosmotic/pressure driven flow of power-law fluids in microchannels and micropumps", *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* , 20 January, Pages 142–153

[9] اسید علی میر بزرگی ، حمید نیازمند، 1387 " بررسی عددی اثرات مخزن روی ولتاژ القایی در جریان مایع فشار- محرک درون ریزمجرا ها "، مجله علمی پژوهشی امیر کبیر ، مهندسی مکانیک ، سال چهل و دو ، شماره 2 ، صفحات 69 تا 77