

گواهینامه
بیست و دومین کنفرانس سالانه بین‌المللی
مهندسی مکانیک
دانشگاه شهید چمران اهواز، گروه مهندسی مکانیک - 44747 اردیبهشت 1393

پدینوسید کواچی می شود که مقاله با عنوان:
بررسی عددی تغییر قدرت پتانسیل‌های غیر یکنواخت زتا در ریزمجراهای دارای انشعاب
نویزنگان:
محمد رضا معاونیان، محمد حسن جوارشکیان، علی رضا ناجی میدانی

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

دکتر محمد شمس‌ساز
نایب رئیس کنفرانس
دکتر ابراهیم حاجی دولو
دکتر کورش حیدری شیرازی
دکتر علی کترانس

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 صنعتی فولاد ایران
شرکت ملی مناطق نفتکش جنوب
سازمان آب و برق خوزستان
انجمن مهندسان مکانیک ایران

بررسی عددی تغییر قدرت پتانسیل های غیر یکنواخت زتا در ریزمجراهای دارای انشعاب

محمد رضا معاونیان¹، محمد حسن جوارشکیان²، علی رضا ناجی میدانی³

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، javareshkian@um.ac.ir

³عضو هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک موسسه آموزش عالی اقبال لاهوری مشهد

چکیده

در این پژوهش یک ریزمجرای چند راهه با گرفتگی مجرا شبیه سازی عددی شده است. معادله استوکس برای توزیع میدان الکتریکی خارجی و معادله پواسون-بولتزمن برای توزیع پتانسیل لایه های دوبل الکتریکی برای یک سیال نیوتنی تراکم ناپذیر در حالت جریان پایای داخلی در ریزمجرای مسطح توسط یک روش عددی بر مبنای حجم محدود با متغیرهای هم مکان در یک سیستم مختصات منطبق بر مرز گسسته حل گردیده اند. قدرتهای مختلفی از پتانسیل های 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 ریزمجرا ارائه شده است.

در نتیجه این فرآیند بارهای مخالف ناحیه وسیعی در نزدیک دیواره تشکیل می دهند که به نام لایه های دوبل الکتریکی (ای دی ال) معروفند. در حقیقت واکنش محلول یونیزه شده با بار استاتیکی روی سطح نارسا در دیواره ریزمجرا تشکیل لایه های دوبل الکتریکی را می دهد. لایه های دوبل 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.

واژه های کلیدی

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

مقدمه

بررسی در مورد ریزمجراها از سالها پیش در برخی از کشورها آغاز شده است، و زمینه های مختلفی از شبیه سازی و ساخت و به کار گیری از این ابزار مورد مطالعه قرار گرفته است. از این وسایل به منظور جداسازی و یا ترکیب نمونه های سیال میکروفلوئیدی استفاده می شود؛ از نمونه های کاربردی آن می توان به استفاده آنها در صنعت داروسازی جهت ساخت داروها با ترکیبات و غلظت مشخص اشاره نمود.

در واقع جهت اطمینان از عملکرد دقیق سیستم میکرو پمپهایی با همین ابعاد به این وسایل اضافه می شوند. به عبارت دیگر پمپ های الکترواسماتیک با پخش های غیر متحرک می توانند به طور موثری سیال را به وسیله اعمال میدان الکتریکی خارجی در داخل ریزمجرا انتقال دهند. هنگامی که یک سطح ناسانا 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.

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 الکترواسماتیک 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 الکترواسماتیک در ریزمجراهای استوانه ای را بررسی نموده اند.

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

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 دوبل 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 دوبل باردار جا به جا می کند و بدین سان یک جریان الکترواسمیتیک 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. گرادپان 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.

هندسه ریز مجرا و شرایط مرزی

برای شبیه سازی جریان الکترواسمیتیک 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 هم خوانی داشته 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. طول شاخه اصلی کانال $1/45 e^{-2}$ و عرض این شاخه $2/5 e^{-2}$ 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:

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

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 بر روی کانال پرداخته اند. همچنین افرادی همچون یالسن و همکاران [6]، سانچز و همکاران [7]، هادی گل و همکاران [8]، میر بزرگونیازمند [9] به بررسی زتا پتانسیل های غیر یکنواخت در ریزمجراها پرداخته اند.

مرور اجمالی تحقیقات انجام شده، نشان می دهد که اگر چه ویژگی اصلی پتانسیل های غیر یکنواخت زتا مرتبط با جریان الکترواسمیتیک مورد بررسی قرار گرفته اند، اما تاکنون به بررسی پتانسیل های غیر یکنواخت زتا در ریزمجراهای چند راهه که در محل انشعاب دچار خلل باشند پرداخته نشده است. هدف از این تحقیق بررسی این پدیده در قدرتهای مختلف پتانسیل های 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:

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

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

که اثبات آن به صورت زیر است:

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

$$(\bar{v} \cdot \nabla) \bar{v} = 0, \quad -\rho g \bar{v} h = f \quad (4)$$

$$\nabla P = f + \mu \nabla^2 \bar{v} \quad (5)$$

چون گرادپان 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:

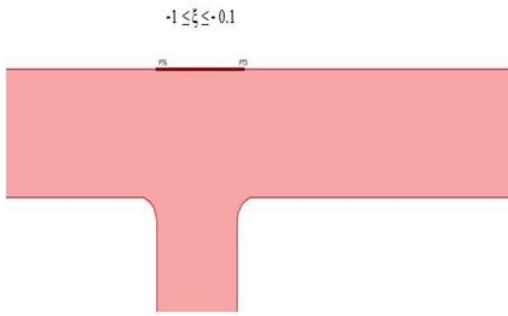
$$\frac{d^2 \psi}{dy^2} = k^2 \sinh(\psi) \quad (8)$$

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

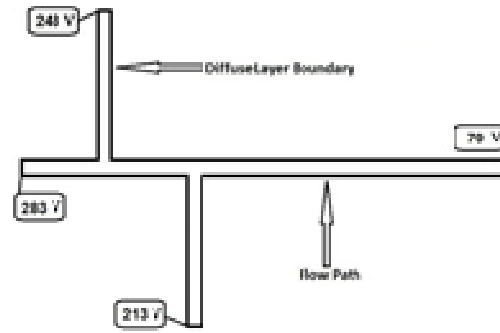
$$\frac{d^2 \psi}{dy^2} = k^2 \psi \quad (9)$$

با توجه به شرایط مرزی زیر داریم:

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



شکل 2- ناحیه با زتا پتانسیل غیریکنواخت



شکل 1: هندسه ریز تراشه

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 ریزمجرها، 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 (3) 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.

میزان انسداد کانال و همچنین تولید گردابه در کنار دیواره کانال به مقدار غیریکنواختی پتانسیل های زتا وابسته است. یک دیواره سالم در ریزمجرها می بایست برای عبور جریان الکترواستاتیک در داخل خود دارای پتانسیل زتای مثبت باشد، چنانچه گرفتگی در داخل ریزمجرها ایجاد شود و یا هر گونه آسیبی از قبیل شکستگی یا وجود ترک و یا تغییر شکل نامتوازی در شکل ریزمجرها به وجود آید

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

که 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

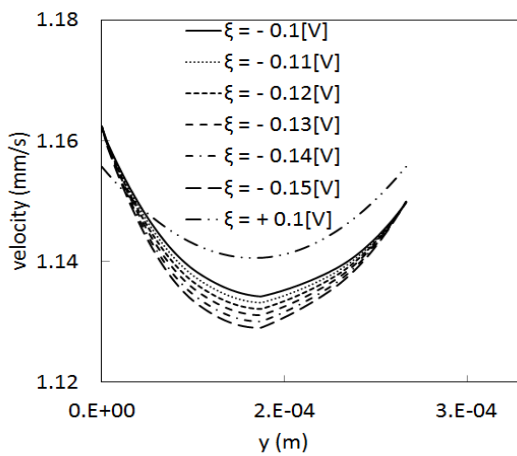
$$v = V_0 \quad (15)$$

لایه پخش کننده دیوار

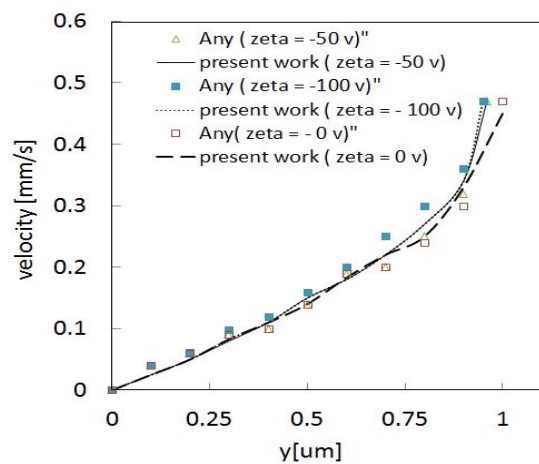
$$-\sigma \nabla v \cdot n = 0 \quad (16)$$

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.

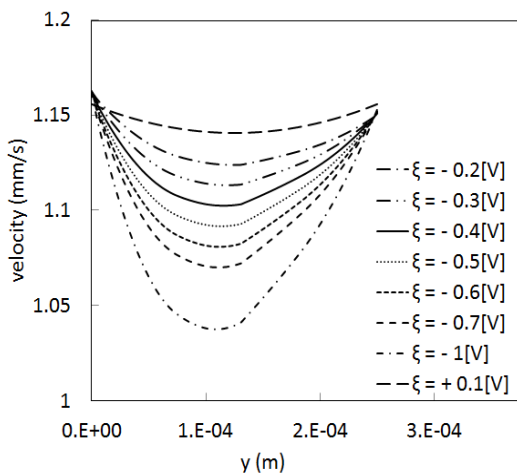
در این تحقیق سعی شده تا قدرتهای مختلف از پتانسیل های غیر یکنواخت زتا را در یک مجرای سه راهه مدل کنیم. بازه این تغییرات در محدوده $-0/1 \leq \zeta \leq -1$ ولت می باشد. شکل (2) محل قرارگیری این پتانسیل ها را در محل انشعاب نشان می دهد.



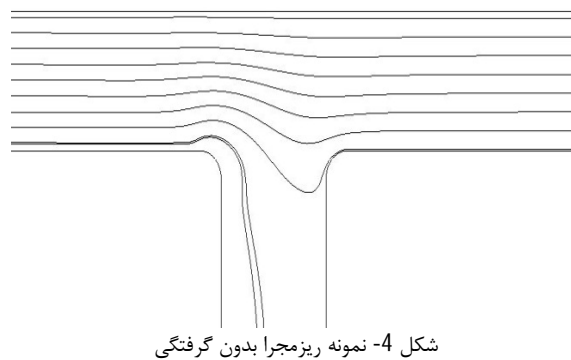
شکل 6ا- میدان سرعت در شاخه سمت راست به ازای زتا پتانسیل های منفی بیشتر از $(v) - 0/2$



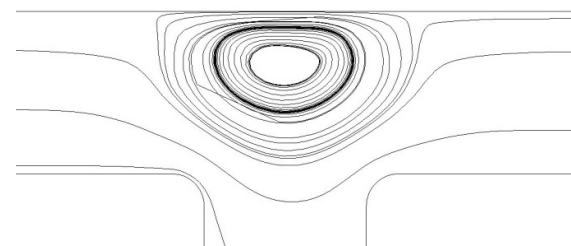
شکل 3- مقایسه نتایج توزیع سرعت بر حسب طول مجرا برای شبیه سازی کار حاضر با داده های تحلیلی به ازای زتا پتانسیل های مختلف



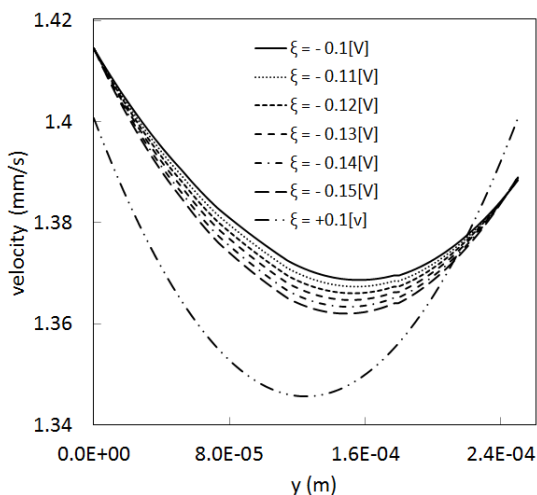
شکل 6ب- میدان سرعت در شاخه سمت راست به ازای زتا پتانسیل های منفی کمتر از $(v) - 0/2$



شکل 4- نمونه ریزمجرا بدون گرفتگی



شکل 5- گردابه تشکیل شده در محل خلل

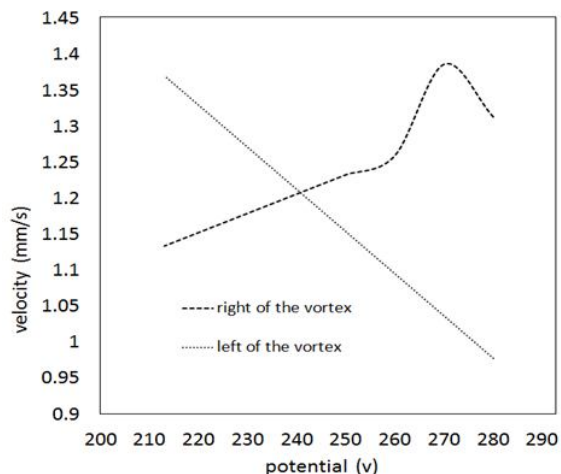


شکل 6ث- میدان سرعت در شاخه سمت چپ به ازای زتا پتانسیل های منفی بیشتر از $(v) - 0/2$

پتانسیل های زتای منفی در محل خلل شکل می گیرند، این پتانسیل ها سبب برهم 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.

در این پژوهش قدرتهای متفاوت از پتانسیل های غیر یکنواخت زتا بررسی شده اند که با تغییر در پتانسیل پایین ترین شاخه شاهد تغییر در میدان سرعت در اطراف ناحیه ناهمگون خواهیم بود. اشکال (6. آ) تا (6. د) تفاوت میدان سرعت در ریزمجرای سالم با ریزمجرای دارای گرفتگی به ازای پتانسیل های متفاوت را نشان می دهند.

کانال افقی در موقعیتی به اندازه 4 برابر عرض مقطع شاخه عمودی پایینی از لبه اتصال از طرف راست و چپ به ترتیب برابر $1/133621$ (mm/s) و $1/370488$ (mm/s) می باشد که این نشان دهنده مقدار $0/236846$ (mm/s) مکش از شاخه پایین است. با رساندن تدریجی پتانسیل شاخه پایینی به 240 [v] شاهد کمترین مقدار اختلاف در مقدار سرعت طرف راست و چپ ناحیه ناهمگون خواهیم بود. همچنین در چنین پتانسیلی کمترین میزان مکش از شاخه پایینی را شاهد خواهیم بود. به طوری که سرعت در طرف راست و چپ ناحیه ناهمگون به ترتیب برابر $1/205997$ (mm/s) و $1/212175$ (mm/s) و کمترین میزان مکش از شاخه پایین به مقدار $0/006175$ (mm/s) می باشد که بهبود چشمگیری در وضعیت میدان سرعت را مشاهده خواهیم کرد. شکل (7) سرعت طرفین گردابه را نشان می دهد، در این شکل می توان به روشنی دید که سرعت سمت راست و چپ گردابه در پتانسیل 240 [v] به یکدیگر می رسند که سبب توازن در میدان سرعت در شاخه اصلی مجموعه می شود.

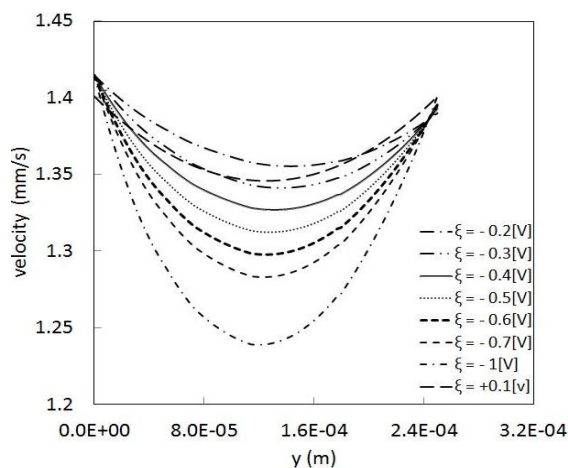


شکل (7) سرعت به ازای پتانسیل های مختلف در طرفین گردابه برای ناحیه دارای خلل با قدرت $0/2$ -

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 مورد بررسی قرار گرفته اند. همچنین این شبیه سازی قدرتهای مختلف از پتانسیل های غیر یکنواخت زتا مورد بررسی قرار گرفت.

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



شکل (6) د-میدان سرعت در شاخه سمت چپ به ازای زتاپتانسیل های منفی کمتر از $0/2$ -

(شکل 6) آ. به ازای زتاهای غیریکنواخت منفی روی محل مشخص شده در شکل (2) مقدار $0/1$ (v) $\xi = +$ به ازای ریزمجرای سالم رسم شده و زتاهای منفی میزان قدرت انسداد ویا عمق ترک در دیواره ریزمجرا را نشان می دهند. شکل (6) ب. نیز همین موضوع را به ازای قدرت های بالاتر انسداد و یا عمق ترک در دیواره ریزمجرا نشان می دهد. شکل (6) ث. و د تفاوت میدان سرعت در ریزمجرای سالم و ناسالم را به ازای زتاهای مختلف در شاخه سمت چپ را نشان می دهد.

در این تحقیق محل خلل با قدرت های گرفتگی متفاوت بررسی شده، هر چه میزان پتانسیل زتا که تماما منفی هستند از نظر قدر مطلق مقدار بزرگتری را به خود اختصاص دهند محل خلل با گرفتگی بیشتری همراه می باشد. در اینجا میزان خلل با 13 نوع قدرت غیریکنواختی پتانسیل زتا مورد بررسی قرار گرفته است. در مرحله اول میزان غیریکنواختی از $0/1$ [v] تا $0/15$ [v] - مورد تحلیل قرار گرفته است، و سپس قدرت های بالاتر یعنی مقادیر $0/2$ - تا 1 [v] - مورد بررسی قرار گرفته اند. با تغییر پتانسیل شاخه پایین سعی شده تا میزان ناهمگونی میدان سرعت در طرفین گردابه رفع گردد. اما همانطور که قبلا گفته شد در اثر غیریکنواختی پتانسیل زتا در دیواره کانال میزان غیر یکنواختی در میدان سرعت در داخل ریزمجرا به وجود می آید، به طوری که گردابه ای در کنار محل خلل ظاهر می شود که مقدار سرعت را در قبل و بعد از محل گرفتگی به میزان قابل توجهی تغییر می دهد که علاوه بر به وجود آوردن انقباض و انبساط های سیال سبب کاهش دقت کنترل میزان دبی عبوری از مقطع ریزمجرا می شود و در نتیجه راندمان دستگاه را به شدت کاهش داده و میزان دبی مطلوب از مقطع خروجی بدست نخواهد آمد.

غیر یکنواختی پتانسیل زتا در محل اتصال T شکل بر روی خطوط میدان سرعت اثر گذاشته به طوری که با وجود مقدار $0/1$ [v] 213 پتانسیل در ورودی شاخه پایین، سرعت روی خط مرکزی

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", *Analytica Chimica Acta*, 14 February, Pages 273-282
- [6] Sinan E. Yalcin, Ashutosh Sharma, Shizhi Qian, Sang W. Joo, Oktay Baysal, 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, Mehrdad Raisee, 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-محرك درون ریزمچراها"، مجله علمی پژوهشی امیر کبیر، مهندسی مکانیک، سال چهل و دو، شماره 2، صفحات 69 تا 77

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 نامتوازن 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

N : نیروی حجمی

H : ارتفاع ریزمچرا

k : پارامتر زخامت ای دی ال

n : بردار نرمال

P : فشار

u : سرعت اجزا در مختصات کارتزین mm/s

x, y : مختصات کارتزین mm

علائم یونانی

ϵ_r : گذردهی نسبی آب

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