

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و
نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه
متعلق به دانشگاه رازی است.



دانشکده فنی مهندسی
گروه مهندسی شیمی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی شیمی
گرایش پیشرفته

عنوان:

بررسی هیدرودینامیک سیال و تأثیر سطح بر رفتار حرکتی سیال در میکروکانال‌ها

استاد راهنما:

دکتر مسعود رحیمی

نگارش:

منا اکبری

شهریور ماه ۱۳۹۲



دانشکده فنی مهندسی
گروه مهندسی شیمی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی شیمی گرایش پیشرفته

نام دانشجو:

منا اکبری

تحت عنوان

بررسی هیدرودینامیک سیال و تأثیر سطح بر رفتار حرکتی سیال میکروکانال ها

در تاریخ ۱۳۹۲/۰۶/۳۱ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنما دکتر مسعود رحیمی با مرتبه ی علمی استاد امضاء

۲- استاد داور داخل گروه دکتر فرشاد رحیم پور با مرتبه ی علمی استادیار امضاء

۳- استاد داور خارج گروه دکتر ارسلان پرواره با مرتبه ی علمی استادیار امضاء

شهریورماه ۱۳۹۲

باسپاس فراوان از استاد فرزانه و بزرگوارم جناب آقای پروفیسور مسعود حمیمی، که در سایه زحمات

ایشان این پایان نامه به انجام رسیده است. از خداوند منان برای ایشان سربلندی، سلامتی و پیروزی

روافزون را خواستارم.

هم چنین از همراهی و بهدلی تمام دوستانی که مراد این راه مساعدت نمودند و از خانم مرثیه بصیری که دغدوین این پایان

نامه مریاری رسانند، کمال تشکر و امتنان را دارم.

تقدیم ہے:

پدر و مادر عزیزم

برپاس تمام محبت و حمایت ہامی بی دروغشان

چکیده

کاربردهای رو به رشد دستگاه‌های میکروسیالی و تلاش برای استفاده از خصوصیتی از جمله سطح به حجم بالای آن‌ها، کاهش زمان تجزیه و تحلیل و افزایش دقت بالا در آن‌ها باعث شده است که تحقیقات بسیاری در سال‌های اخیر و در این زمینه صورت پذیرد. هدف تحقیقات میکرو-فناوری در عملیات انتقال جرم، دستیابی به ادغام واکنش دهنده‌ها و المان‌های عملیات واحدی برای صرفه جویی در فضا، زمان و انرژی است. در این مطالعه، از پنج میکروکانال با شکل‌های هندسی نامتقارن استفاده شد تا اثر تلاقی کانال‌ها و نسبت شدت جریان‌ها بر عملکرد اختلاط مطالعه شود که بررسی اختلاط با استفاده از حرکت ردیاب در میکروکانال‌ها انجام شد. نرم افزار Image J به منظور اندازه گیری کمی تصاویر جمع آوری شده توسط میکروسکوپ دیجیتالی مورد استفاده قرار گرفت و ویژگی‌های جریان در این سیستم‌های میکرو سیالی برای تمام هندسه‌های مختلف، توسط مدل سازی دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) مورد مطالعه قرار گرفت .

نتایج نشان می‌دهد که رفتار اختلاطی سیستم به هندسه کانال، نسبت شدت جریان‌ها و موقعیت در طول کانال اختلاط بستگی دارد. همچنین از نتایج بدست آمده می‌توان نتیجه گرفت که ایجاد جریان‌های چرخشی، سرعت انتقال جرم را افزایش و طول نفوذ را کاهش می‌دهد. این مدل سازی می‌تواند رفتار پیچیده‌ی اختلاطی را در میکرومیکسرهای مختلف با شکل نامتقارن پیش بینی کند که این موضوع می‌تواند در بهینه سازی شرایط آزمایشی در آینده حائز اهمیت باشد. از طرف دیگر، اثر امواج اولتراسونیک و جریان لغزشی بر روی رفتار جریان سیال نیز مورد مطالعه قرار گرفت. مقایسه نتایج تجربی و شبیه سازی (با فرض بدون جریان لغزشی) در یک میکروکانال دیگر تفاوت قابل توجهی را که مربوط به جریان لغزشی در میکروکانال بود، نشان داد. با یافتن مقدار طول لغزش و تعریف از آن را در CFD، می‌توان به شبیه سازی کارآمدتری برای میکروکانال دست پیدا کرد. به منظور ایجاد ارتعاش در این میکروکانال، یک مبدل پیزوالکتریک فرکانس پایین (۴۲ کیلو هرتز) به کار گرفته شد. نتایج نشان می‌دهد که امواج اولتراسوند تأثیر مطلوب و قابل توجهی روی جریان سیال در نسبت‌های مختلف شدت جریان خوراک داشته است.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: مقدمه

۲	۱-۱- مقدمه
۴	۱-۱-۱- تاریخچه
۵	۱-۱-۲- ماده سازنده
۶	۲-۱- کاربرد میکروکانال ها در صنعت
۷	۱-۲-۱- میکروراکتورها
۸	۲-۲-۱- میکرومبدل ها
۹	۳-۱- تأثیرات ناشی از کوچک سازی
۱۰	۱-۳-۱- اثر ورودی
۱۱	۲-۳-۱- جریان لغزشی
۱۵	۴-۱- جریان سیال در میکروکانال ها
۱۶	۵-۱- مخلوط کردن در میکروکانال ها
۱۶	۱-۵-۱- روش های بر پایه رقیق سازی
۱۷	۱-۱-۵-۱- رقیق سازی با استفاده از ماده رنگی
۱۷	۲-۱-۵-۱- رقیق سازی با استفاده از مواد فلئورسنستی
۱۸	۲-۵-۱- روش های بر پایه واکنش های شیمیایی
۱۹	۱-۲-۵-۱- واکنش های اسیدی بازی یا شناساگر PH
۲۰	۲-۲-۵-۱- واکنش هایی که باعث تولید مواد رنگی می شوند
۲۰	۳-۲-۵-۱- واکنش های رقابتی موازی
۲۱	۶-۱- انواع اختلاط
۲۱	۱-۶-۱- اختلاط ماکرو
۲۱	۲-۶-۱- اختلاط میکرو
۲۲	۷-۱- انواع مخلوط کننده ها
۲۲	۱-۷-۱- مخلوط کننده های فعال
۲۲	۲-۷-۱- مخلوط کننده های انفعالی
۲۳	۳-۷-۱- مخلوط کننده های با لایه های موازی
۲۴	۴-۷-۱- مخلوط کننده های با لایه های سری
۲۵	۵-۷-۱- مخلوط کننده های بی نظم
۲۵	۶-۷-۱- مخلوط کننده های قطره ای
۲۶	۷-۷-۱- اختلال فشار
۲۷	۸-۷-۱- اختلال مگنتوهیدرودینامیکی
۲۷	۹-۷-۱- اختلال الکتروهیدرودینامیکی
۲۷	۱۰-۷-۱- اختلال دی الکتروفورز
۲۷	۱۱-۷-۱- اختلال الکتروسینتیکی

۲۸ ۱۲-۷-۱-اختلال صوتی

۲۸ ۱۳-۷-۱-اختلال حرارتی

فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام شده

۳۰ ۱-۲- بررسی اختلاط در میکروکانال ها

۳۴ ۲-۲- هیدرودینامیک سیال

۳۵ ۳-۲- جریان لغزشی

۳۷ ۴-۲- اولتراسونیک

۳۹ ۵-۲- نتیجه گیری از مطالعات صورت گرفته

فصل سوم: مواد و روش های آزمایش

۴۱ ۱-۳- آزمایش اول

۴۱ ۱-۱-۳- ساخت میکروکانال

۴۳ ۲-۱-۳- پمپ سرنگی

۴۴ ۳-۱-۳- اندازه گیری فشار

۴۵ ۴-۱-۳- مواد استفاده شده در آزمایش ها

۴۵ ۵-۱-۳- مدل آزمایشگاهی

۴۶ ۶-۱-۳- روش انجام آزمایش

۴۷ ۲-۳- آزمایش دوم

۴۷ ۱-۲-۳- ساخت میکروکانال

۴۸ ۲-۲-۳- مدل آزمایشگاهی و روش انجام آزمایشات

فصل چهارم: مدلسازی CFD و بررسی روابط استفاده شده

۵۲ ۱-۴- دینامیک سیالات محاسباتی

۵۳ ۱-۱-۴- روش های مورد استفاده در CFD

۵۴ ۲-۴- روش های محاسبه

۵۴ ۱-۲-۴- بررسی هیدرودینامیکی سیال

۵۵ ۱-۱-۲-۴- جریان آرا

۵۶ ۲-۱-۲-۴- جریان آشفته

۵۷ ۳-۱-۲-۴- بررسی اختلاط در میکروکانال

۶۱ ۳-۴- آزمایش اول

۶۱ ۱-۳-۴- رسم شکل و مش بندی

۶۴ ۲-۳-۴- شرایط در نظر گرفته شده در Fluent

۶۶ ۴-۴- آزمایش دوم

۶۶ ۱-۴-۴- رسم شکل و مش بندی

۶۷ ۲-۴-۴- شرایط در نظر گرفته شده در Fluent

۶۷ ۴-۲-۱- جریان لغزشی

۶۸ ۴-۲-۲- اولتراسونیک

فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری

۷۲ ۵-۱- بررسی نتایج حاصل از آزمایش اول

۸۴ ۵-۲- بررسی نتایج حاصل از آزمایش دوم

۹۰ ۵-۳- نتیجه گیری

۹۱ ۵-۳- ارائه پیشنهادات

۹۳ منابع

فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۳	شکل ۱-۱ - نمونه هایی از سیستم هامیکروسیالی
۳	شکل ۲-۱ - آزمایشگاه بر روی تراشه
۶	شکل ۳-۱ - نمایی از میکروکانال های با جنس های مختلف (الف) شیشه، (ب) PDMS، (ج) سیلیکون و (د) فولاد ضد زنگ
۸	شکل ۴-۱ - گونه ای از میکرومبدل ها
۱۲	شکل ۵-۱ - پروفیل سرعت در جریان بدون لغزش، جریان با لغزش جزئی و کامل
۱۸	شکل ۶-۱ - تصاویر مربوط به استفاده از فلوئورسنت جهت بررسی اختلاط و سطوح مقطع آن ها با استفاده از میکروسکوپ فلوئورسانس: (الف) کانال با تمرکز هیدرولیکی، (ب) کانال T شکل و (ج) کانال ماریچی
۱۹	شکل ۷-۱ - تغییر رنگ ماده شناساگر در طول میکروکانال
۲۳	شکل ۸-۱ - دسته بندی انواع مخلوط کننده ها
۲۴	شکل ۹-۱ - مخلوط کننده های با لایه های موازی: (الف) مخلوط کننده های T شکل، (ب) مخلوط کننده های Y شکل، (ج) شکلی از لایه های موازی و (د) صورتی از تمرکز هیدرولیکی
۲۴	شکل ۱۰-۱ - مخلوط کننده های سری: (الف) ترکیب - شکافتن - ترکیب، (ب) شکافتن - ترکیب، (ج) شکافتن - شکافتن - ترکیب و (د) میکروکانال های با چندین تقاطع
۲۵	شکل ۱۱-۱ - طراحی های ساده ای از اختلاط در مخلوط کننده های بی نظم: (الف) موانع در دیواره، (ب) موانع در کانال و (ج) یک کانال زیگ زاگی شکل
۲۶	شکل ۱۲-۱ - اختلاط در جریان های قطره ای جاری در مخلوط کننده ها: (الف) جریان چرخشی تولید شده در کانال مستقیم، (ب) و (ج) مسیر اختلاط ایجاد شده در کانال های ماریچی: (ب) کشش، پیچش و تغییر جهت سطح تماس سیالات و (ج) مسیر چرخش متقارن در میانه قطره، (د) نتایج تجربی نشاندهنده جابجایی نامنظم به دلیل وجود قطرات
۲۸	شکل ۱۳-۱ - مخلوط کننده های فعال: (الف) اختلال فشار، (ب) اختلال فشار با استفاده از سرعت پالسی، (ج) مخلوط کننده ی مغناطیسی در کانال اختلاط، (د) اختلال هیدرودینامیکی، (ه) اختلال الکتروفوریتیک و (ی) اختلال الکتروسینتیکی
۳۱	شکل ۱-۲ - خطوط جریان داخل میکروکانال در دبی های متفاوت
۳۲	شکل ۲-۲ - محدوده اختلاط مخلوط کننده: (الف) سه بعدی و (ب) دو بعدی
۳۳	شکل ۳-۲ - شکل های مختلف کانال ها با طول ها و سطح مقطع های متفاوت
۳۴	شکل ۴-۲ - میکروکانال های استفاده شده برای بررسی (الف) اثر زاویه برخورد و (ب) اثر فاصله بین نقطه برخورد و خم کانال
۴۲	شکل ۱-۳ - میکروکانال های استفاده شده (الف) شکل کانال های استفاده شده با زاویه های ورودی (θ) متفاوت و (ب) کانال و اتصالات آن
۴۳	شکل ۲-۳ - پمپ سرنگی
۴۴	شکل ۳-۳ - لوله های تعبیه شده جهت اندازه گیری فشار
۴۵	شکل ۴-۳ - شماتیکی از مدل آزمایشگاهی

۴۶	..... شکل ۳-۵ - میکروسکوپ دیجیتالی
۴۸	..... شکل ۳-۶ - کانال ساده
۴۹	..... شکل ۳-۷ - شماتیکی از مدل آزمایشگاهی دوم
۵۶	..... شکل ۴-۱ - نمایی از رژیم آرام و آشفته و پروفایل سرعت آن ها
۵۷	..... شکل ۴-۲ - تغییر در شیب عدد پویزل [۱۱]
۶۱	..... شکل ۴-۳ - شکل کانال های رسم شده در Gambit
۶۲	..... شکل ۴-۴ - طرح مش بندی استفاده شده در مدلسازی کانال ها
۶۶	..... شکل ۴-۵ - مش بندی کانال در آزمایش دوم
۶۸	..... شکل ۴-۶ - فشارهای بدست آمده از اندازه گیری تجربی و مدل
۶۹	..... شکل ۴-۷ - پیزوالکتریک و امواج ارتعاشی ایجاد شده توسط آن
۷۲	..... شکل ۵-۱ - کانال T شکل در الف ($Re=49$ و ب) ($Re=498$)
۷۴	..... شکل ۵-۲ - بررسی اثر نسبت دبی بر جریان ها الف) نتایج آزمایشگاهی و ب) کانتورهای غلظت بدست آمده از مدلسازی ج) بردارهای سرعت بدست آمده از مدلسازی در نسبت دبی های مختلف a) ۱، b) ۱/۸۶، c) ۳، d) ۵/۶۶ و e) ۱۹
۷۵	..... شکل ۵-۳ - غلظت نرمال شده در میکروکانال T شکل برحسب مکان دو کانال ورودی و پیش از ورود به کانال اختلاط در نسبت دبی های R متفاوت
۷۷	..... شکل ۵-۴ - غلظت نرمال شده در دو نسبت دبی مختلف در طول کانال
۷۸	..... شکل ۵-۵ - کانتور غلظت ماده رنگی در ۶ مکان در کانال اختلاط و در نسبت دبی های مختلف a) ۱۹، b) ۵/۶۶، c) ۳، d) ۱/۸۶ و e) ۱
۷۹	..... شکل ۵-۶ - بردارهای سرعت در سطح مقطع کانال خروجی در فاصله ۱ میلی متری از ابتدای کانال خروجی
۸۰	..... شکل ۵-۷ - کیفیت اختلاط در کانال T شکل بر اساس طول کانال اختلاط
۸۰	..... شکل ۵-۸ - شکل کانال ها و اختلاط در آن ها a) ۱۲۰، b) ۱۵۰، c) ۱۸۰، d) ۲۱۰ و e) ۲۴۰
۸۱	..... شکل ۵-۹ - بردارهای سرعت در کانال خروجی میکروکانال ها و در نسبت دبی برابر با یک
۸۲	..... شکل ۵-۱۰ - الف) کیفیت اختلاط برحسب نسبت دبی های متفاوت در کانال های مختلف و ب) شکل یکی از کانال ها و نام گذاری ورودی ها
۸۳	..... شکل ۵-۱۱ - بازده اختلاط براساس نسبت دبی ها و در کانال های با زاویه مختلف
۸۵	..... شکل ۵-۱۲ - فشار اندازه گیری شده در دبی های متفاوت در کانال T شکل
۸۵	..... شکل ۵-۱۳ - عدد پویزل بر حسب عدد رینولدز
۸۷	..... شکل ۵-۱۴ - کانتورهای سرعت. الف) کانتورهای سرعت در جهت Y_i بدون حضور اولتراسونیک و ii) در حضور اولتراسونیک ب) کانتور سرعت کلی در حضور اولتراسونیک در دبی های مختلف
۸۸	..... شکل ۵-۱۵ - کانتور ویسکوزیته توربولنت برای نسبت جریان های متفاوت در میکروکانال
۸۹	..... شکل ۵-۱۶ - اثر اولتراسونیک روی ویسکوزیته توربولنسی در کانال اختلاط

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۴۶	جدول ۱-۳ - مشخصات میکروسکوپ دیجیتال.....
۴۷	جدول ۲-۳ - نسبت دبی های استفاده شده در آزمایش اول.....
۵۰	جدول ۳-۳ - مشخصات پمپ استفاده شده در آزمایش دوم.....
۵۰	جدول ۴-۳ - نسبت دبی های بررسی شده در آزمایش دوم.....
۶۳	جدول ۱-۴ - مش ها و اثر آن ها روی کیفیت اختلاط.....
۶۴	جدول ۲-۴ - پارامترهای مختلف معادلات بقا.....

لیست نمادها

دامنه	A_0
غلظت ردیاب	C_i
سرعت صوت	C_s
ضریب بدون بعد	C_μ
بعد کانال	D
قطر هیدرولیکی	d_h
ضریب اصطکاک	f
شدت اولیه رنگ خاکستری	I_i
انرژی جنبشی متلاطم	k
ضریب اتلاف در کانال	K_i
عدد نادسن	Kn
جرم مولکولی ماده	M
عدد ماخ	Ma
بازده اختلاط	ME
عدد ناسلت	Nu
فشار	P
عدد پویزل	Po
عدد پرائنتل	Pr
دبی جریان	Q
ثابت جهانی گازها	R
عدد رینولدز	Re
واکنش شیمیایی	R_i
زمان	t
دما (K)	T
سرعت (m/s)	V
غلظت جزء i	x_i
غلظت میانگین	x_M
مکان	y

نمادهای یونانی

طول لغزش	β
طول موج	λ
ضریب اصلاح مومنتوم دمایی	σ_T
ضریب اصلاح مومنتوم مماسی	σ_v

کیفیت اختلاط	α
واریانس	σ^2
اتلاف انرژی	ε
ویسکوزیته آشفتگی (m^2/s)	η_T
ویسکوزیته دینامیک (Pa s)	μ
دانسیتته (Kg/ m^3)	ρ
نسبت گرمای ویژه	γ
ویسکوزیته سینماتیک (m^2/s)	ν
سرعت (m/s)	v
سرعت زاویه ای ($1/s$)	ω

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

در دهه گذشته یکی از توسعه یافته ترین موضوعات در مهندسی شیمی و مکانیک سیالات، سیستم‌های میکروسیالی بوده که مورد توجه بسیاری از زمینه‌های علمی قرار گرفته است. تحقیقات بسیاری در زمینه‌های مختلف شیمی و زیستی از جمله زیست پزشکی، راکتورهای شیمیایی، مخلوط کن‌ها و مبدل‌های حرارتی و... بر روی این سیستم‌ها صورت گرفته است.

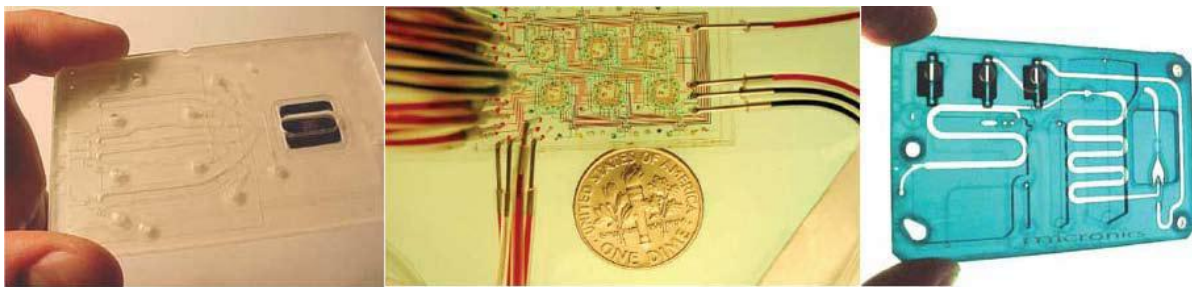
دستگاه‌های میکروسیالی به دستگاه‌هایی اطلاق می‌شود که حداقل یکی از ابعاد آن دارای مقیاس میکرومتر باشد. این دستگاه‌ها پر از ساختمان‌های مداری شکل است که به عنوان تراشه‌های میکروسیالی نامیده می‌شوند. شکل (۱-۱) نمونه‌هایی از این سیستم‌ها را نشان می‌دهد. سیستم‌های میکروسیالی شرایط کار با سیالات را در حجم‌های میکرونی فراهم می‌آورند. در این سیستم‌ها سیالات درون کانال‌های میکرونی تعبیه شده در تراشه‌هایی از جنس‌های متفاوت قرار گرفته و عملیات مورد نظر بر روی آن‌ها انجام می‌پذیرد. منظور از حجم‌های میکرونی، حجم‌های کوچکی از سیالات در حد میکرولیتر، نانولیتتر و پیکولیتتر می‌باشد. این موضوع جزو موضوعات هیجان انگیز تحقیقات است که سرمایه‌های قابل توجهی را در امریکا و اروپا به خود جذب کرده است.

سیستم‌های میکروسیالی کاربردهای بسیاری دارند. به دلیل اینکه در حوزه زیست شناسی و پزشکی، آزمایش‌های تحقیقاتی و تشخیصی فراوانی وجود دارد که در آن‌ها نمونه‌ها و مواد محلول، مورد آزمایش هستند؛ بخش گسترده‌ای از کاربردهای میکروکانال‌ها در این حوزه‌هاست. به این ترتیب که، هر بخش از تراشه عملکردی برابر با یک قسمت از آزمایشگاه را دارد. بنابراین این فناوری، آزمایشگاه روی تراشه هم نامیده می‌شود که در شکل (۱-۲) به خوبی نشان داده شده است. برای این سیستم‌ها مقدار اندکی از مواد مورد نیاز است که علاوه بر اینکه باعث کاهش هزینه می‌شود، ایمنی بیشتری را در سیستم‌ها (به دلیل مواد عبوری کمتر و کنترل بهتر) ایجاد می‌کند. رژیم با رینولدز پایین که در این نوع سیستم‌ها عمل می‌کند، توانایی‌های جدید و علم شیمی دقیق‌تری را به خاطر مقیاس طولی نسبی خیلی کوچک‌تر برای مخلوط کردن و نرخ‌های بالای انتقال حرارت فراهم می‌کند و احتمال پاسخ شیمیایی سیستم‌های فرآیندی به مقدار قابل توجهی در آن‌ها بالاتر است [۱]. علاوه بر اینکه جداسازی و تشخیص با حساسیت بالا انجام می‌گیرد، زمان بسیار کمتری برای انجام آزمایش مورد نیاز است و در نهایت با کاهش دخالت نیروی انسانی در انجام کار، از ایجاد آلودگی نیز جلوگیری می‌شود. قابل حمل بودن، قابلیت موازی شدن با دیگر سیستم‌ها، نیاز به مواد به

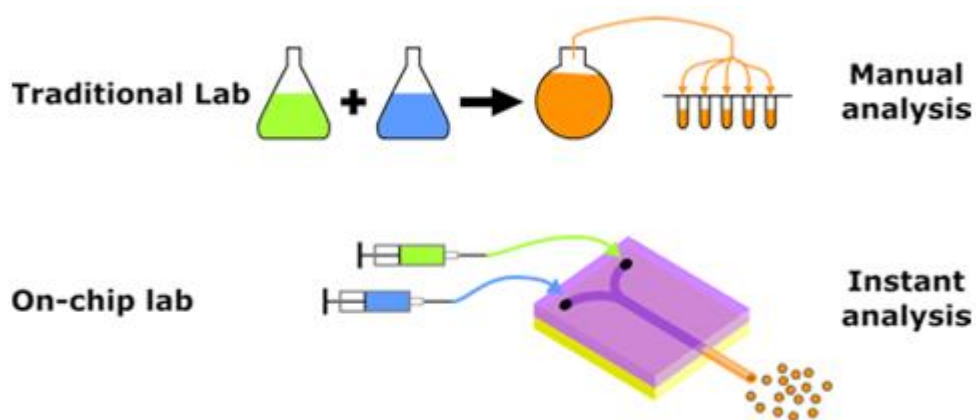
نسبت کمتر و کم خطر بودن به دلیل کنترل بهتر فرآیند، سهولت در اتوماتیک سازی و توانایی شبیه سازی آن‌ها از دیگر مزایای این دستگاه‌هاست [۲].

علاوه بر این هرچه مقیاس دستگاه کوچک تر شود، کنترل دما بهتر شده و اتلاف حرارت از این دستگاه‌ها کاهش پیدا می‌کند [۱]. مقطع عبوری کوچک، نسبت سطح به حجم بزرگی را فراهم می‌کند که قادر است حرارت و جرم بیشتری را منتقل کند.

به عنوان مثالی از دستگاه‌های میکروکانال می‌توان به میکرو راکتورها اشاره کرد. میکرو راکتورها انتخاب مناسبی برای کسانی است که امیدوارند تا ریسک کار با مواد خطرناک را کاهش دهند و یا از طریق کاهش مقدار مواد خطرناک، خطر این واکنش‌ها را حداقل کنند. اختلاط واکنشگرها به شکل عمده روی زمان واکنش، بازدهو همچنین کیفیت نتیجه نهایی اثر می‌گذارد. اثر نیروهای دیگری مانند تنش، تنش سطحی و نیروهای مولکولی و اندر والس بر جریان با مقیاس میکرو، مشخص تر از جریان با مقیاس ماکرو هستند. وجود این نیروها، اهمیت مطالعه جریان سیال و اختلاط‌های مناسب در میکروکانال‌ها را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۱) نمونه‌هایی از سیستم‌های میکروسیالی



شکل (۲-۱) آزمایشگاه بر روی تراشه

در سال‌های اخیر، دستگاه‌های با مقیاس میکرو به منظور افزایش بازده دستگاه‌های خنک کننده (که heat sink نامیده می‌شوند) و به دلیل فواید انکار ناپذیر این دستگاه‌ها مورد استفاده‌ی بسیاری قرار گرفتند. یکی از مهم‌ترین تکنولوژی‌های این دستگاه‌ها میکروکانال است، بنابراین مطالعه جریان درون میکروکانال‌ها و بررسی پدیده‌های انتقال درون آن‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است.

Tukerman و Peace (۱۹۸۱) برای اولین بار از کوچک کردن ابعاد جهت دفع حرارت استفاده کردند [۳]. مطالعه آن‌ها با نام High Performance Heat Sinking for VLSI به عنوان اولین مطالعه بر روی میکروکانال‌ها در زمینه انتقال حرارت شناخته شد و این موضوع توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرد. قبل از هر چیز بهتر است که تعریف مناسبی از واژه میکروکانال بیان شود. مفهوم این واژه در بسیاری از تحقیقات مورد بررسی قرار گرفته است. Mehendale و همکارانش (۲۰۰۰) از دسته بندی زیر بر اساس تکنیک‌های کوچک سازی مورد نیاز برای دستیابی به محدوده متنوعی از ابعاد استفاده کردند که در آن D ، کوچک‌ترین بعد کانال است [۴]:

$1\mu m < D < 100\mu m$: Microchannels

$100\mu m < D < 1mm$: Minichannels

$1mm < D < 6mm$: Compact Passages

$6mm < D$: Conventional Passages

Kandlikar و Grande (۲۰۰۳) دسته بندی دیگری را بر اساس رقیق سازی اثر گازها در محدوده‌های مختلف مطرح نمودند [۵]. D نشان دهنده کوچک‌ترین بعد کانال است:

$1\mu m < D < 10\mu m$: Transitional Microchannels

$10\mu m < D < 200\mu m$: Microchannels

$200\mu m < D < 3mm$: Minichannels

$3mm < D$: Conventional Passages

Obot در سال ۲۰۰۳ دسته بندی ساده‌ای را پیشنهاد کرد که بر اساس آن قطر هیدرولیک به جای کوچک‌ترین بعد کانال به عنوان معیار طبقه بندی قرار گرفت [۶]. Obot تمام کانال‌های با قطر هیدرولیکی کوچک‌تر از ۱ میلی متر را به عنوان میکروکانال طبقه بندی کرد که مورد قبول بسیاری از محققان قرار گرفت.