

## انتقال حرارت سیال میکروقطبی روی صفحه متخلخل با ضریب هدایت و لزجت وابسته به دما

رضا کی منش<sup>۱</sup>، سیروس آقاجانی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، reza\_keimanesh@yahoo.com

<sup>۲</sup>گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، aghanajafi@kntu.ac.ir

### چکیده

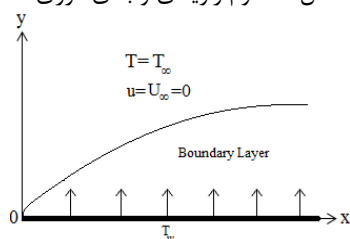
در این پژوهش، انتقال حرارت یک سیال میکروقطبی روی صفحه‌ی منبسط شونده بررسی شده است. همچنین اثرات متخلخل بودن صفحه و تأثیرات حضور میدان مغناطیسی و تشعشع مورد مطالعه قرار گرفته است. ضمناً جهت حصول نتایج دقیقتر ضریب هدایت حرارتی و لزجت، متغیر با دما در نظر گرفته شده‌اند. از روش حل تشابهی برای تبدیل معادلات PDE حاکم به ODE استفاده شده و این معادلات مقدار مرزی با روش شوتینگ به معادلات مقدار اولیه تبدیل شده و در نهایت با روش رانج-کوتا مرتبه ۴ حل شده‌اند. نتایج نشان می‌دهند که افزایش پارامتر ضریب هدایت حرارتی متغیر و افزایش پارامتر لزجت متغیر، همواره باعث افزایش ضخامت لایه مرزی حرارتی می‌شوند. ضمناً وجود میدان مغناطیسی و تشعشع باعث افزایش ضخامت لایه مرزی حرارتی و وجود تخلخل در صفحه و افزایش پارامتر مادی باعث کاهش ضخامت لایه مرزی حرارتی می‌گردند.

پرداخته‌است. پراساد و دیگران [۶] تأثیرات لزجت متغیر جریان هیدرومغناطیسی یک سیال ویسکوالاستیک و تأثیر آن بر انتقال حرارت از صفحه منبسط شونده را بررسی کرده‌است. روسالی و همکاران [۷] به حل عددی جریان سیال میکروقطبی روی صفحه منبسط شونده و منقبض شونده روی یک محیط نفوذ پذیر با اثر مکش پرداخته است. اودا و فرهان [۸] تأثیرات لزجت متغیر و ضریب هدایت حرارتی متغیر بر انتقال حرارت از صفحه غیر همدمای منبسط شونده به یک سیال میکروقطبی را بررسی کرده‌اند.

در این پژوهش به بررسی تأثیرات حضور تشعشع و میدان مغناطیسی و همچنین تخلخل صفحه بر لایه مرزی حرارتی تشکیل شده توسط سیال میکروقطبی با ضریب هدایت حرارتی و لزجت متغیر با دما پرداخته شده‌است. در این پژوهش جریان سیال دوبعدی، پایا و تراکم‌ناپذیر و صفحه، الاستیک و منبسط شونده فرض شده‌است.

### معادلات حاکم

به کمک تقریب لایه مرزی و با توجه به فیزیک مسئله که یک صفحه نیمه بینهایت با دمای ثابت است و در دوردست نیز دمای سیال ثابت و سرعت آن صفر می‌باشد (شکل (۱))، معادلات (۱) تا (۴) معادلات حاکم بر مسئله هستند که به ترتیب شامل معادله پیوستگی، تعادل منتوم خطی، تعادل منتوم زاویه‌ای و بقای انرژی هستند.



شکل ۱: شماتیک فیزیک مسئله

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial y} \left( (\mu + S) \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{S}{\rho} \frac{\partial N}{\partial y} - \sigma B^2 \frac{u}{\rho} \quad (2)$$

$$u \frac{\partial N}{\partial x} + v \frac{\partial N}{\partial y} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial y} \left( \left( \mu + \frac{S}{2} \right) \frac{\partial N}{\partial y} \right) - \frac{S}{\rho j} \left( 2N + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \quad (3)$$

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{1}{\rho C} \frac{\partial}{\partial y} \left( k \frac{\partial T}{\partial y} \right) - \frac{1}{\rho C} \frac{\partial q_r}{\partial y} + \sigma \frac{B^2 u^2}{\rho C} \quad (4)$$

### واژه های کلیدی

میکروقطبی، تشعشع، مغناطیس، تخلخل

### مقدمه

دسته‌ای از سیالات با ساختار میکرو که ذاتاً دارای درجه آزادی اضافی یعنی چرخش هستند، سیالات میکروقطبی می‌باشند که از قوانین کلاسیک سیالات نیوتنی و غیر نیوتنی برای تشریح آنها نمی‌توان استفاده کرد. لزوم بررسی تأثیرات حضور انتقال حرارت تشعشعی و میدان مغناطیسی بر انتقال حرارت این نوع سیالات، لزوم انجام چنین پژوهشی را فراهم نموده است. دسته‌ای از مسائل سیالات میکروقطبی مربوط به بررسی لایه مرزی حرارتی ایجاد شده بواسطه‌ی حضور این سیال روی صفحه الاستیک منبسط شونده یا منقبض شونده می‌باشد. ضمناً متخلخل بودن صفحه می‌تواند تأثیر مهمی در تشکیل این لایه مرزی داشته باشد که باید بررسی شود. برای بررسی چنین سیالاتی از مدل میکروقطبی که توسط ارینژن [۱] پیشنهاد شده، استفاده می‌شود. کار اولیه ارینژن [۲] در تئوری لایه مرزی توسط پدیسون و مک نیت [۳] گسترش یافته است. ایشاک [۴] لایه مرزی حرارتی یک سیال میکروقطبی روی صفحه منبسط شونده را در حضور تشعشع توصیف کرده‌است. محمود [۵] به بررسی تأثیرات تشعشع بر جریان هیدرومغناطیسی سیال میکروقطبی روی صفحه منبسط با ضریب هدایت حرارتی متغیر