

## ترتیبات برچسب خصوصی پوشاک برای صادرات کشور

### در حال توسعه

دکتر مهدوی‌نیا<sup>۱</sup>

#### خلاصه

افزایش اهمیت، طراحی، کیفیت یا مرغوبیت، و تنوع در تمامی بخش‌های بازار پوشاک، برای تولید محصولات با کیفیت و مرغوبیت بیشتر، و تحویل به موقع آنها فشار بیشتری را به صنایع نساجی و پوشاک کشورهای در حال توسعه اعمال می‌کند.

بزرگ‌ترین چالش شرکت‌ها و مؤسسات کشور در حال توسعه همین است. در حالی که، قیمت و کیفیت و مرغوبیت، عدم تحویل به موقع کالا، قطعاً در هر بازار صادراتی از عوامل مهم هستند. در بازار پوشاک این عوامل اهمیت بیشتری دارند. در قسمت‌های مختلف بازار، حساسیت نسبت به قیمت تغییر می‌کند، اما حتی در پایین‌ترین بخش بازار، قیمت‌های ارزان نمی‌توانند به طور کامل جانشین کیفیت و تحویل به موقع کالا و محصول شوند، در حالی که، اصولاً، پوشاک با کیفیت ضعیف و اندک، دارای تأثیر فاجعه‌آمیز و مشابه با سایر کالاها نیست، کیفیت ضعیف و ناچیز، می‌تواند در نوع خاصی از پوشاک، برچسب طراحی شده برای نوع خاصی از پوشاک را کم‌رنگ‌تر و بی‌اثر نماید، و منجر به ضرر و زیان در کیفیت و از دست رفتن مرغوبیت آن نوع گردد.

این مقاله در سه قسمت به شرح زیر آمده است: مؤسسه صادرکننده پوشاک از کشورهای در حال توسعه، عوامل ترتیبات برچسب خصوصی یا شخصی برای پوشاک، و نتیجه‌گیری.

---

۱. این مقاله در کنفرانس بین‌المللی تحقیقات کاربردی بازاریابی در کشور ایتالیا، ارائه شده است.

## بررسی انتقال حرارت اصلاح شده فوریه در یک جسم کروی با منبع انرژی حرارتی ثابت

دکتر حسن بصیرت تبریزی<sup>۱</sup>، حسین پورمحمدیان<sup>۲</sup>

### چکیده

در مسائل مهندسی به دلیل اینکه از منبع حرارتی مانند فلاسک‌های حرارتی خیلی بالا، لیزر و ماکروویو استفاده می‌شود، در این موارد حالت گذرا به شدت در زمان‌های کوتاه اتفاق می‌افتد، لذا نمی‌توان از معادله کلاسیک فوریه استفاده کرد. در اینجا انتقال ماهیت موج انرژی گرمایی حکم فرماست. این مقاله اثر معادله اصلاح شده فوریه در سیستم یک بعدی کره که در معرض منبع انرژی حرارتی ثابت قرار دارد را به روش عددی اختلاف محدود حل کرده است و با نتایج معادله انتقال حرارت فوریه مقایسه می‌کند. در ضمن شرایط گذر از رفتار هذلولی و سهمی را نشان می‌دهد.

**واژه‌های کلیدی:** فوریه، اصلاح شده فوریه، زمان تأخیر، حل عددی

### مقدمه

معادله تجربی فوریه (Fourier) یا سهمی (Parabolic) که برای انتقال حرارت در یک جسم به کار می‌رود، ارتباط بین گرادیان دمای اعمال شده به جسم و حرارت عبوری آن را بیان می‌کند. این معادله دارای مفهوم سرعت بی‌نهایت حرارت در حالت گذرا برای جسم می‌باشد.

برای مواردی مانند گرادیان دمای خطی زیاد، دماهای خیلی پایین، زمان‌های کوتاه ابتدای فرایند انتقال حرارت، عملیات حرارتی با لیزر و انتشار حرارت در سرعت محدود - که توزیع دما با یک زمان تأخیری صورت می‌گیرد و بعد به حالت پایدار می‌رسد - از معادله اصلاح شده فوریه (Non-Fourier) یا هذلولی (Hyperbolic) که دارای مفهوم زمان تأخیر (Relaxation Time) می‌باشد، استفاده می‌شود. معادله فوریه که رابطه‌ای تجربی است در سال ۱۸۰۸ توسط فوریه (Fourier) به دست آمده است، حالت کلی معادله فوریه را ماکسول (Maxwell) در تئوری جنبشی و مولکولی گازها به دست آورد.

معادله هدایت حرارتی هذلولی برای شرایط فیزیکی مختلف، حل شده و به طور

۱. دانشیار دانشکده مکانیک دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران.

۲. مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد نراق، ارائه شده در کنفرانس بین‌المللی کشور ترکیه.

خلاصه بررسی می‌شوند:

در سال ۱۹۹۲ به وسیله یان‌شنگ (Yun-Sheng) و زنگ‌یان (Zeng-Yuan) حل معادله اصلاح شده فوریه برای جسم کروی چیب (Chip) بدون منبع تولید انرژی به روش تحلیل انجام شده است.<sup>(۱)</sup>

کامینسکی (W. Kaminski) در سال ۱۹۹۰ معادله هدایت حرارتی هذلولی را برای مواد با سطح داخلی غیرهموژن به دست آورده است.<sup>(۲)</sup>

حل تحلیلی معادله اصلاح شده فوریه هذلولی در یک ورق نیمه بی‌نهایت با شرایطی که سطح آن در حال انتقال حرارت جابه‌جایی می‌باشد توسط پاول آنتاکی (Pavl J. Antaki) در سال ۱۹۹۶ انجام شده است.<sup>(۳)</sup>

برای مواردی که توزیع سرعت حرارت نمی‌تواند به روش محدود ملاحظه شود، بای (C. Bai) و لاورین (A.S. Lavine) یک معادله هدایت حرارت هذلولی را در سال ۱۹۹۵ برای این شرایط حل کردند.<sup>(۴)</sup>

معادله انتقال اصلاح شده فوریه در سال ۱۹۹۱ توسط علی وداوارز (Ali Vedavarz) برای المان‌های خیلی کوچک بررسی شده است.<sup>(۵)</sup>

اثرات تابش اشعه ماورای قرمز در چشم توسط اکونو (Okuno) در سال ۱۹۹۰ صورت گرفته است.<sup>(۶)</sup> هم‌چنین در سال ۱۹۸۷ یک مدل المان محدود معادله انتقال حرارت فوریه در چشم انسان توسط اسکات (Scott) مورد بررسی قرار گرفته است.<sup>(۷)</sup> در ادامه، این مقاله به بررسی توزیع دما در یک کره که تغییرات دما فقط در راستای شعاع در نظر گرفته شده است با استفاده از معادله اصلاح شده فوریه با منبع تولید انرژی ثابت به روش تفاضل جزئی در زمان‌های کوتاه می‌پردازد.

### معادلات حاکم و روش حل

معادله کاتتنو (Cattaneo) و ورنوت (Vernotte) برای انتقال حرارت ناپایدار معادله اصلاح شده فوریه به صورت زیر می‌باشد.<sup>(۸،۹)</sup>

$$\tau \frac{\partial q}{\partial t} + q = -k \frac{\partial T}{\partial r} \quad (1)$$

این معادله (۱) با معادله انرژی در سیستم مختصات کروی (۲) ترکیب می‌شود که:

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 q) + g(r,t) = \rho c_p \frac{\partial q}{\partial t} \quad (2)$$

و معادله انتقال حرارت هذلولی حاکم به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial T}{\partial r} = \frac{1}{\alpha} \left( \tau \frac{\partial^2 T}{\partial t^2} + \frac{\partial T}{\partial t} \right) - \frac{1}{k} \left( \tau \frac{\partial g}{\partial t} + g \right) \quad (3)$$

که در این معادله  $k$  ضریب هدایت حرارت،  $\rho$  دانسیته جسم،  $C^p$  ظرفیت گرمایی ویژه،  $\alpha$  ضریب پخش حرارت،  $\tau$  زمان تأخیر و  $g$  منبع تولید انرژی می باشد. چون منبع انرژی ثابت در نظر گرفته شده، لذا معادله (۳) به صورت زیر درمی آید:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial T}{\partial r} = \frac{1}{\alpha} \left( \tau \frac{\partial^2 T}{\partial t^2} + \frac{\partial T}{\partial t} \right) - \frac{g}{k} \quad (4)$$

شرایط مرزی مورد استفاده  $q^{(r,0)} = h(T - T_\infty)$  و شرایط اولیه  $T^{(r,0)} = T^0$  می باشد. که در آن  $h$  ضریب انتقال حرارت جابه جایی و  $T_\infty$  دمای اطراف کره و  $T^0$  دمای اولیه کره در نظر گرفته شده است.

برای تقریب کردن نموهای دیفرانسیلی مختصات مکانی از تفاضل مرکزی در زمان  $(j+1)$  ام استفاده شده و برای نموهای دیفرانسیلی مختصات زمانی از تفاضل مرکزی در مکان  $(i)$  ام استفاده می شود.

لذا معادله دیفرانسیل به صورت زیر درمی آید:

$$\frac{T_{i-1,j+1} - 2T_{ij+1} + T_{i+1,j+1}}{\Delta r^2} + \frac{2}{r_i} \frac{T_{i+1,j+1} - T_{i-1,j+1}}{2\Delta r} = \frac{1}{\alpha} \left( \tau \frac{T_{ij-1} - 2T_{ij} + T_{ij+1}}{\Delta t^2} + \frac{T_{ij+1} - T_{ij-1}}{2\Delta t} \right) - \frac{g_0}{k}$$

معادله بالا پس از دسته بندی به صورت زیر می شود:

$$\left( \frac{1}{\Delta r^2} - \frac{1}{r_i \Delta r} \right) T_{i-1,j+1} - \left( \frac{2}{\Delta r^2} + \frac{\tau}{\alpha \Delta t^2} + \frac{1}{2\alpha \Delta t} \right) T_{ij+1} + \left( \frac{1}{\Delta r^2} - \frac{1}{r_i \Delta r} \right) T_{i+1,j+1} = - \frac{2\tau}{\alpha \Delta t^2} T_{ij} + \left( \frac{\tau}{\alpha \Delta t^2} + \frac{1}{2\alpha \Delta t} \right) T_{ij-1} - \frac{g_0}{k}$$

که در این مورد  $r$  فاصله هر گره تا مرکز کره است. گره ها معمولاً با استفاده از سیستم آرایه ای ماتریس ها مشخص می شوند. شبکه بندی در مرکز و قسمت خارجی کره ریزتر از قسمت میانی است و فواصل گره های میانی پنج برابر گره های خارجی و داخلی می باشد.

با توجه به شرایط اصلی، معادله حاکم (۵) را برای تمامی گره ها می توانیم بنویسیم به جز گره آخر که روی سطح کره قرار گرفته است و شرایط غیردائم دارد، لذا معادله حاکم برای این گره با توجه به شرایط مرزی اعمال شده، تقریب اختلاف محدود آن بعد از ساده کردن به صورت زیر نوشته می شود:

$$T_{n,1} - \left( 1 + \frac{h\Delta r}{k} \right) T_n = - \frac{h\Delta r}{k} T_\infty \quad (6)$$

این معادله (۶) که برای گره آخر می باشد، سطر آخر ماتریس را تشکیل می دهد. این ماتریس با روش محاسباتی I.U حل می شود. از آن جایی که روش عددی مورد استفاده از نوع ضمنی (Implicit) بود، لذا حل فوق از نظر پایداری، پایدار است.

### بررسی نتایج

جسم کرووی با شعاع  $(r=0.03m)$  و خواص فیزیکی آب - به دلیل اینکه یک ماده زنده با درصد بالای آب می باشد - استفاده گردید.

خواص فیزیکی آب در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد برای ضریب هدایت حرارتی  $(k=0.53w/m^{\circ}C)$  و ضریب پخش حرارت  $(\alpha=1)$  و  $(51-v/m^2/s)$  می باشد، زمان تأخیر  $(\tau=[10]s)$  و شرایط اطراف کره عبارتند از ضریب انتقال حرارت جابه جایی  $(h=25w/m^2C)$  و دمای اطراف کره  $(T_{\infty}=20^{\circ}C)$  است.

برای مجموعه های مختلفی از مقادیر، زمان تأخیر و منبع انرژی رسم نمودارهایی را داریم که به بررسی آنها می پردازیم:

نمودارهای ۱ و ۲ با توجه به شرایطی که دارند، نحوه خنک شدن جسم کرووی را برای دو معادله فوری و اصلاح شده فوری بدون منبع انرژی نشان می دهد.

نمودار ۳ مقایسه نمودارهای ۱ و ۲ در زمان ۱۰ ثانیه با یکدیگر می باشد و نشان می دهد جسم کرووی که حاوی زمان تأخیر می باشد کندتر از جسم کرووی که بدون زمان تأخیر است عمل می نماید.

حال، انتقال حرارت جسم کرووی را بررسی می کنیم که دارای انرژی ثابت  $(ev^3)$   $(g=1.8w/m)$  می باشد و نمودارهای ۴ و ۵ نحوه انتقال حرارت فوری و اصلاح شده فوری را با توجه به این شرایط نشان می دهد.

نمودار ۶ مقایسه دو جسم کرووی در زمان ۱۰ ثانیه را بررسی می کند و نشان می دهد جسم بدون زمان تأخیر افزایش دمای شدیدتری را نسبت به جسم حاوی زمان تأخیر دارد.

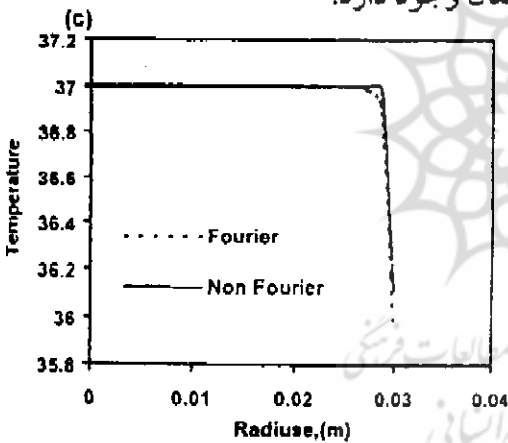
نمودار ۷ به بررسی دو سیستم در لحظه ابتدای شروع  $t=0.01s$ ، فرآیند انتقال حرارت می پردازد و افزایش دما را در معادله انتقال حرارت فوری نشان می دهد.

حال در هر یک از نمودارهای ۸ و ۹ به مطالعه دو سیستم بعد از گذشت زمان طولانی،  $t=120s$ ، پرداخته شده است و به این موضوع پی برده شده که دو معادله انتقال

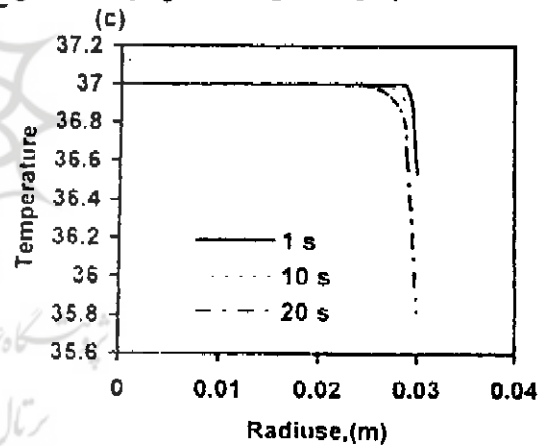
حرارت فوریه و اصلاح شده آن بعد از گذر زمان نحوه انتقال حرارتشان یکسان می شود و نشان می دهد که در این زمان اثر، زمان تأخیر روی سیستم از بین رفته است، لذا بعد از گذر زمان معادله اصلاح شده فوریه هذلولی گون به معادله فوریه سهمی گون تبدیل می شود.

### نتیجه گیری

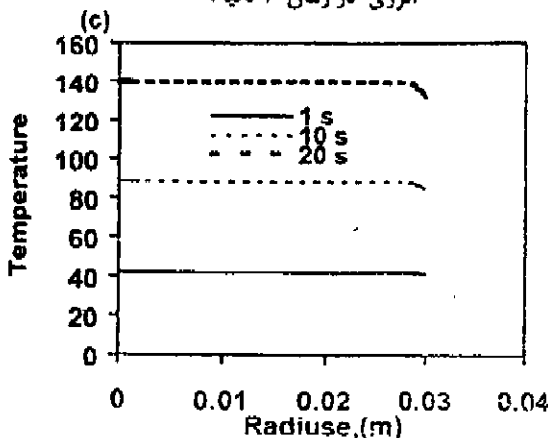
با توجه به بررسی و نتایج به دست آمده می توان اظهار نمود که در ابتدای فرآیند، معادله انتقال حرارت فوریه افزایش دمای شدت بیشتری نسبت به معادله انتقال حرارت اصلاح شده فوریه دارد و پس از گذشت زمان، زمان تأخیر معادله اصلاح شده فوریه را تبدیل به معادله فوریه می کند و نشان می دهد که اختلاف بین این دو معادله، انتقال حرارت در لحظه شروع فرآیند انتقال حرارت می باشد و این به خاطر موج حرارتی است که به واسطه زمان تأخیر در لحظه شروع فرآیند انتقال وجود دارد.



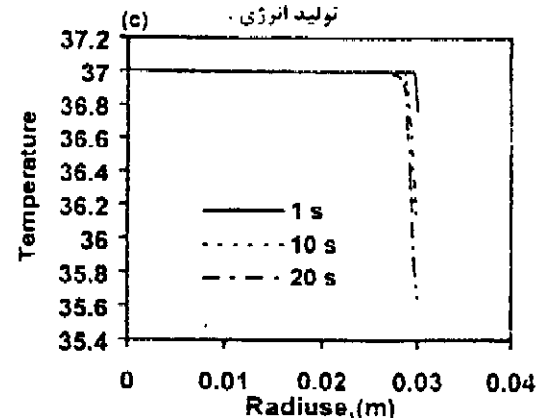
نمودار ۳- مقایسه فوریه با اصلاح شده فوریه بدون منبع تولید انرژی در زمان ۱۰ ثانیه.



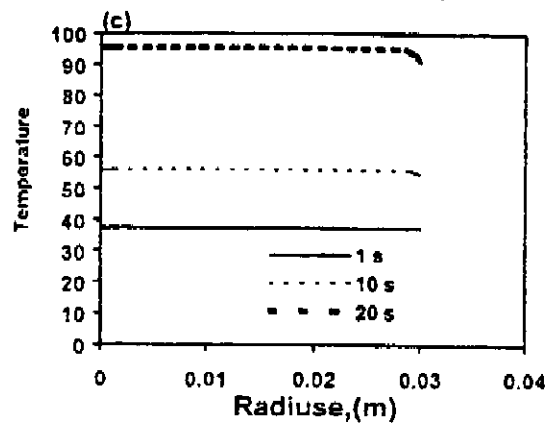
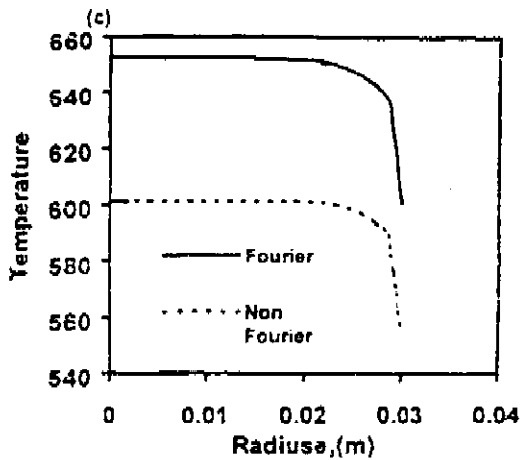
نمودار ۱- توزیع دما در زمانها مختلف برای فوریه بدون منبع تولید انرژی.



نمودار ۴- توزیع دما در زمانهای مختلف برای فوریه با منبع تولید انرژی ثابت.

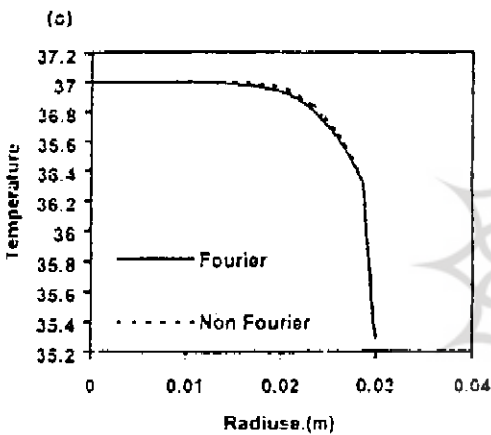


نمودار ۲- توزیع دما در زمانهای مختلف برای اصلاح شده فوریه بدون منبع تولید انرژی.

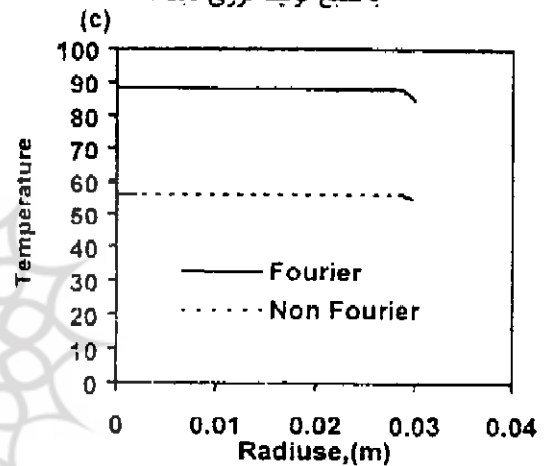


نمودار ۵- توزیع دما در زمانهای مختلف برای اصلاح شده فوریه با منبع تولید انرژی ثابت.

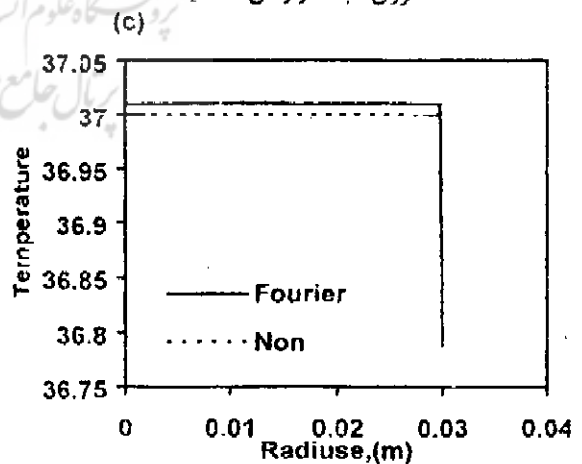
نمودار ۸- مقایسه فوریه با اصلاح شده فوریه با منبع انرژی در زمان ۲ دقیقه.



نمودار ۹- مقایسه فوریه با اصلاح شده فوریه بدون منبع انرژی در زمان ۲ دقیقه.



نمودار ۶- مقایسه فوریه با اصلاح شده فوریه با منبع تولید انرژی ثابت در زمان ۱۰ ثانیه.



نمودار ۷- مقایسه فوریه با اصلاح شده فوریه با منبع تولید انرژی ثابت در زمان ۰.۰۰۱ ثانیه.

## منابع و مأخذ

1. GUO Z.Y., XU Y.S., "*Non-Fourier Heat Conduction in Ic Chip*", Inter. Conf. Ther. Chin, P271, 1992.
2. Kaminski W., "*Hyperbolic Heat Conduction Equation for Material with a Non Homogeneous Inner Structure*", Journal of Heat Transfer, Vol.112P225, 1990.
3. Antaki P., "*Analysis of Hyperbolic Heat Conduction in a Semi-Infinite Slab with Surface Convection*", Vol.10, P3247, 1996.
4. Bai C., Lavin A.S., "*On Hyperbolic Heat Conduction and the Second law of thermodynamics*", Transaction of the ASME, Vol.117, P256, 1995.
5. Vedavarz A., Kumar S., Moallemi M.K., "*Significance on Non-Fourier Heat Waves in Microscale Conduction*", Vol.32, P109, 1991.
6. Scott J.A., "*A Finite Element Model of Heat Transport in the Human Eye*", Phys. Ued.Biol, Vol.32, P227, 1988.
7. Okuno T., "*Thermal Effect of Infra-Red Radiation on the Eye: A Study Based on a Model*" Ann. Occup. Hyg, Vol.35, P227, 1991.
8. Vernotte p., "*Les Pradoxes de la Theorie Continue de pequation Deia Chaleur*", Comptes Rendus Hebd, Seances Acad. Sci, Vol.246(22), P3154, 1956.
9. Cattaneo M.C., "*Sur Une Forme de Pequation de la chaleureliminance le Paradoxes dune Propagation Instantanee*", Comptes Rendus Hebd. Hebd. Seances Acad. Sci., Vol.247(4), P431, 1958.
10. Honner MKunes J., "*on the Wave Diffusion and Parallel Nonequilibrium Heat Conduction*", Transactions of the ASME, Vol.121, P702, 1999.