



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

MCNP4C با استفاده از $8f^*$ توان گرمایی تولیدی بر حسب MeV/s برای اکتیویته 24 kCi در قسمت های مختلف سیستم پرتودهی اعم از چشمه، محفظه نمونه، هوای داخل محفظه، سرب تکه بندی شده و ورقه های فولادی محاسبه شده است [1]. توان گرمایی کل تولید شده در سیستم پرتودهی گاماسل بایستی با توان گسیلی از چشمه برابر باشد از این نکته می توان برای اعتبارسنجی توان گرمایی کل بدست آمده توسط کد MCNP4C استفاده نمود.

توان گسیلی اشعه گاما از $1 \text{ مگا کوری کبالت } 60$ می تواند بصورت زیر محاسبه گردد [2].

$$P = 1 \times 10^6 \times \dots$$

$$\rightarrow P = 14.8 \text{ kW}$$

که 1×10^6 قدرت چشمه بر حسب کوری، 3.7×10^{10} عدد بکرل در کوری (۱ بکرل یعنی یک واپاشی در ثانیه)، 2.5×10^6 مجموع انرژی دو اشعه گاما بر حسب الکترون ولت و 1.6×10^{-19} ضریب تبدیل از الکترون ولت به ژول می باشد.

بدیهی است که دما مهمترین پارامتر تحلیل حرارتی می باشد. معمولاً در تحلیل های حرارتی، ابتدا توزیع دما در نقاط مختلف با استفاده از قانون بقای انرژی محاسبه می گردد. در این شبیه سازی با توجه به عدم تغییرات بارگذاری حرارتی با زمان و همچنین مستقل بودن خواص مواد موجود از دما، آنالیز حالت پایدار خطی خواهد بود. با توجه به حالت پایدار بودن حل تعیین خواص حرارتی چگالی و گرمای ویژه اختیاری است و اثری در تحلیل ندارد. با توجه به صفحه ای بودن مدل هندسی و همچنین متقارن محوری بودن با قابلیت هدایت حرارتی دو بعدی از المان Plane 77 استفاده شده است. این المان قابلیت تحلیل های گذرا، حالت پایدار و متقارن را در دو بعد دارد. بنابراین در این شبیه سازی از المان حرارتی مزبور استفاده شده است. شکل ۲ نحوه مش بندی سیستم پرتودهی گاماسل را نشان می دهد. شرایط مرزی بکار رفته در نرم افزار ANSYS به صورت زیر می باشد [3]:

شرط مرزی اول:

هر گاه بین سطح و سیال مجاور اختلاف درجه حرارت وجود داشته باشد. انتقال حرارت جابجایی اتفاق می افتد و رابطه زیر در انتقال حرارت جابجایی که به قانون سرمایش نیوتن معروف است، صدق می کند:

$$\frac{dQ}{dt} = h.A (T_{env} - T_0)$$

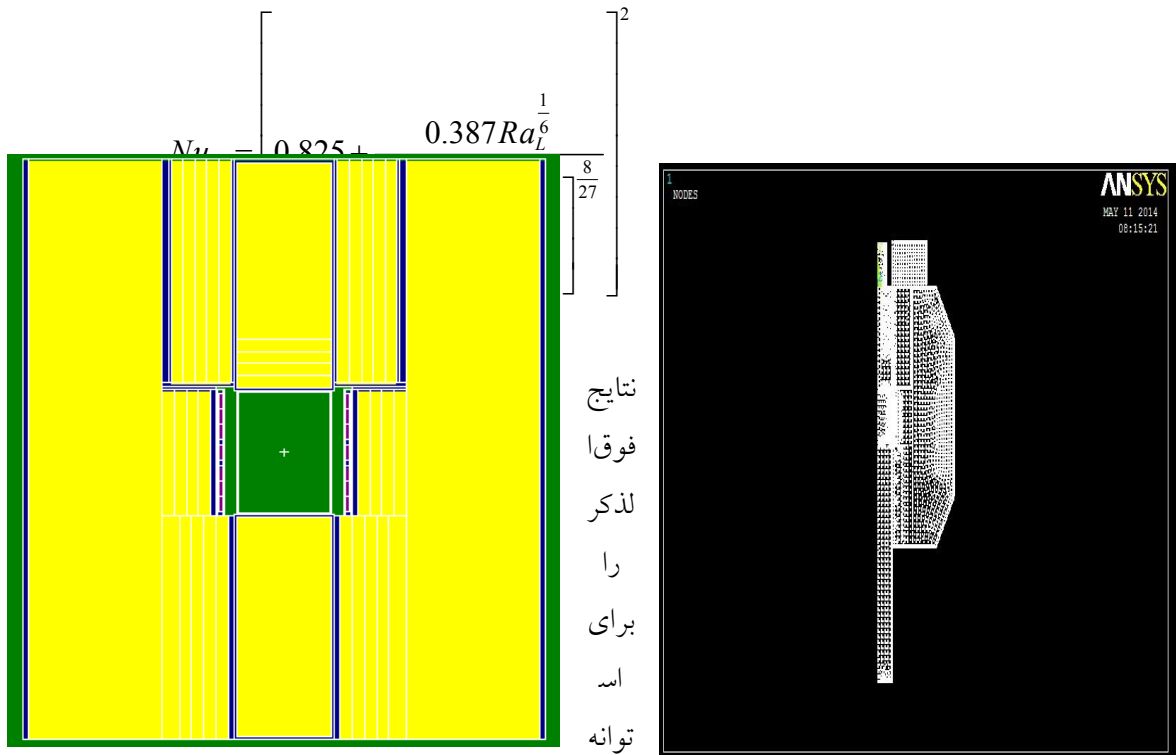
با توجه به اینکه سیستم پرتودهی گاماسل در یک اتاق بسته نگهداری می شود بنابراین نتیجه می گیریم که یکی از شرایط مرزی انتقال حرارت جابجایی آزاد می باشد بنابراین باید ضریب انتقال حرارت جابجایی h بررسی گردد



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

جهت محاسبه ضریب انتقال حرارت جابجایی آزاد، چرچیل و چو رابطه‌ای داده‌اند که برای تمام گستره اعداد رایلی در صفحات عمودی قابل استفاده و به صورت زیر است [4]:



های عمودی به طول L می‌توان به کار برد به شرطی که ضخامت لایه مرزی خیلی کمتر از قطر استوانه باشد این شرط وقتی برقرار است که:

$$\frac{D}{L} > \frac{0.35}{Gr^{0.25}}$$

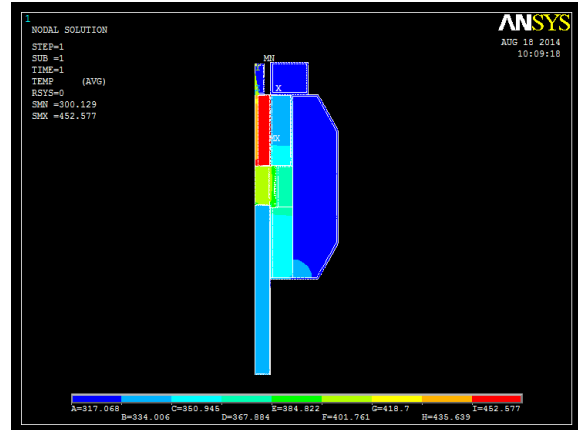
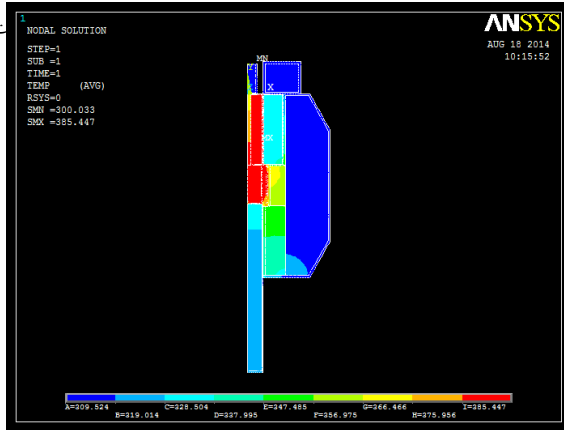
بنابراین در شبیه‌سازی حرارتی سیستم گاماسل، ضریب انتقال حرارت جابجایی آزاد ۱ برابر ۳ بدست آمده است و دمای اتاق را برابر با دمای هوای استاندارد ۱ اتمسفر و ۲۵ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شده است. شرط مرزی دوم: توان گرمایی تولید شده توسط کد MCNP4C در نرم‌افزار اعمال می‌گردد.



بیست و یکمین کنفرانس هشتاد و یکم ایران

۷ و ۸ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

ت های مختلف آن



جدول ۱: خواص فیزیکی مواد به کار رفته در سیستم پرتودهی گاماسل [4]

Material	Thermal Conductivity (W/m ² .K)	Density (Kg/m ³)	Specific Heat (J/Kg.K)
Stainless Steel 1316L	14.6	8027	450
Pure Lead	35	11000	130
Cobalt	69	8900	410
Aluminum	200	2700	900
Air	28e-3	1.614	1007

نتایج

شکل ۲: تغییرات دمایی گاماسل برای h=5

شکل ۱: تغییرات دمایی گاماسل برای h=3



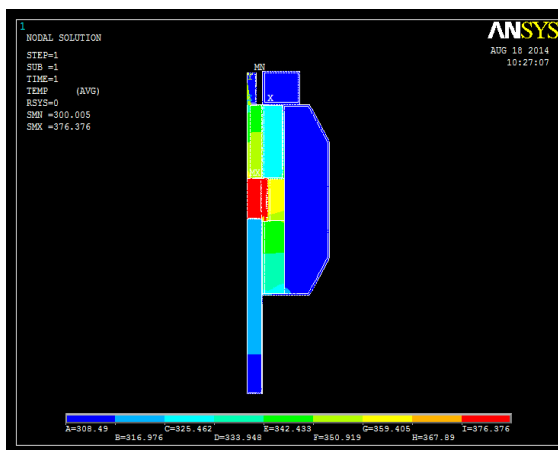
بیست و یکمین کنفرانس هشتاد و یکم ایران

۷ و ۸ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

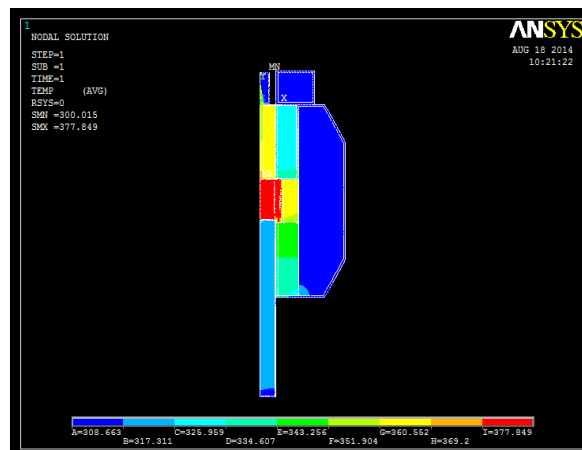
شکل ۴: تغییرات دمایی گاماسل برای $h=15$
شکل ۳: تغییرات دمایی گاماسل برای $h=10$

بحث و نتیجه گیری

توان کل تولیدی محاسبه شده توسط کد MCNP4C برای اکتیویته ۲۴ کیلوکوری ۳۵۵ وات با خطای ۰/۰۰۱ بدست آمده است. این توان با فرمول ارائه شده در بالا $355/2$ وات محاسبه می شود که تطابق بسیار خوبی با هم دارند. شکلهای تغییرات دمایی نشان می دهد که ماکزیمم دمای ایجاد شده در گاماسل خیلی کوچکتر از دمای طراحی مورد نظر که ۶۶٪ دمای ذوب آلیاژ سرب (۵۰۳ درجه کلونین) است، می باشد. شکل ۱ تغییرات دمایی گاماسل را در یک اتاق بسته با جابجایی طبیعی (بدترین حالت ممکن) را نشان می دهد، ماکزیمم دمای سرب در این حالت برابر ۴۵۲ درجه کلونین است. در شکل ۲ ماکزیمم دمای آلیاژ سرب برای ضریب جابجایی $h=5$ به ۳۸۵ درجه کلونین کاهش پیدا می کند، این حالت واقعی ترین حالت برای سیستم گاماسل می باشد. شکلهای ۳ و ۴ نشان می دهد که با افزایش ضریب جابجایی ماکزیمم دما از ۳۷۷ درجه کلونین به ۳۷۴ درجه کلونین کاهش پیدا می کند که این تغییر بسیار ناچیز می باشد پس می توان نتیجه گرفت که نصب تجهیزات اضافی در اتاق گاماسل برای افزایش ضریب جابجایی برای $h \geq 10$ مقرون به صرفه نمی باشد.



مراجعه
[1]
OAK
K
RI
DG
E
NA



NATIONAL LABORATORY, Monte Carlo N-Particle Transport Code System, Los Alamos National Laboratory, New Mexico.

[2] Jarrett RD, Sr. 1982. Isotope (Gamma) Radiation Sources. Chapter 6, In: Eds, E.S. Josephson and M.S. Peterson. Preservation of Food by Ionizing Radiation, Vol. I. Boca Raton, Florida 33431: CRC Press. 137-163.



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۷ و ۸ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

[3] H.Jahed, M.R.Noban, ANSYS Finite Element, 1390.

[4] Frank P. Incropera, David P.Dewitt, Introduction to Heat Transfer, volume one, Third Edition.