



دانشگاه گیلان

## طراحی و ساخت سیستم کنترل سطح قالب مذاب در صنایع ذوب آهن

رضا، قلی پور پیوندی؛ مجتبی، عسکری له داربنی\*؛ سیده زهرا، اسلامی راد

سازمان انرژی اتمی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، پژوهشکده کاربرد پرتوها

### چکیده

دستگاه اندازه گیری کنترل سطح قالب مذاب، دستگاهی است که بر مبنای ارسال و دریافت پرتو گاما در دو طرف مقابل هم در یک قالب مذاب در کارخانه های فولادسازی مورد استفاده قرار می گیرد. افزایش و یا کاهش سطح مذاب از یک بازه مشخصی به ترتیب منجر به سرریز و بریده شدن شمش تولیدی می گردد. در این مقاله جزئیات طراحی، ساخت و مقادیر نتایج تجربی با شبیه سازی ارائه می گردد. نتایج به دست آمده از دستگاه ساخته شده نشان دهنده دقت  $\pm 1,5 \text{ mm}$  با زمان پاسخ میانگین ۵ ثانیه می باشد.

**کلیدواژه:** کنترل سطح قالب مذاب، کد مونت کارلو Mcnp، آشکارسازی، ابزار دقیق

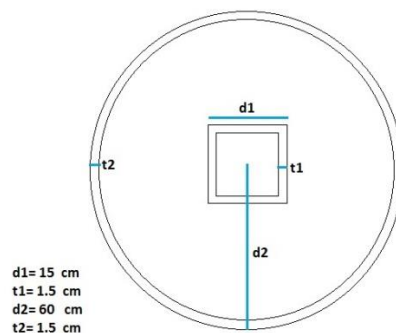
### مقدمه

یکی از کاربردهای مهم پرتوها در صنایع استفاده از خاصیت عبور گاما از مواد و در نتیجه استفاده از آن برای ارتفاع منجر می گردد. [۱]. از میان انواع روش های ارتفاع سنجی یکی از موارد آن در کارخانجات ذوب آهن، ریخته گری و فولادسازی می باشد که به سبب دمای بالا و مخاطرات حاصل از عملیات و نیاز به قرائت آنلاین، معمولا وظیفه حفظ سطح مذاب به عهده تجهیزات پرتویی قرار می گیرد [۲،۳]. در کارخانجات فولادسازی پس از تهیه مذاب در داخل کوره های بزرگ با استفاده از مکانیزم های مختلف از جمله قوس الکتریکی، مذاب تولید می شود و آن را توسط ظروف مخصوص بزرگی با ظرفیت ۲۰۰-۱۰۰ تن به نام پاتیل حمل می کنند. در مرحله بعد پاتیل ها مذاب حمل شده را داخل ظروفی به شکل واگن قطار به نام تاندیش تخلیه می کنند. تاندیش ها معمولا دارای چندین در خروجی هستند. پس از قرارگیری دقیق تاندیش ها در بالای قالب های تولید شمش، دریچه آنها باز شده و مذاب از آنها به داخل قالب با آهنگ مناسبی ریخته می شود. مذاب در داخل قالب شکل گیری کرده و شروع به حرکت به طرف پایین می کند. در مسیر حرکت طبق محاسبات انجام شده با آهنگ خاص توسط آب، مذاب خنک و با آهنگ از دست دادن مشخصی دمای آن

کاهش پیدا می کند تا سرانجام به شکل شمش های فولادی در خط پیوسته خارج شود. دستگاه اندازه گیری کنترل سطح قالب مذاب پرتویی در فاصله ۱۰-۵ سانتی متری ابتدای قالب، جایی که مذاب، تازه از تاندیش خارج می شود قرار گرفته و عملیات کنترل سطح قالب مذاب را با خروجی صنعتی ۲۰-۴ mA برای ارتفاع های مشخص انجام می دهد. خروجی ۲۰-۴ mA معمولا برای فرمان دهی به دریچه تاندیش ها و یا برای فرمان دهی به موتورهای کشنده شمش به کار گرفته می شوند.

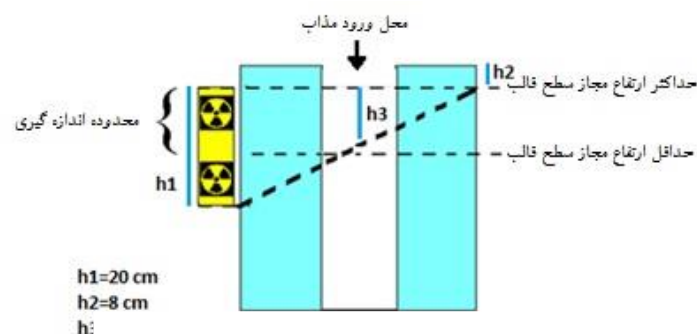
## روش کار

جهت طراحی و ساخت ابتدا نیاز به ساخت یک قالب مذاب مشابه قالب های به کار گرفته شده در صنایع فولاد سازی می باشد. بدین منظور یک قالب مذاب جهت تهیه شمش ۱۵×۱۵ cm ساخته شد. دهانه ورودی ۱۵×۱۵ cm و ارتفاع قالب ۱ m می باشد. بیرون قالب، جهت خنک سازی آب جریان دارد.



شکل ۱. نمایی از قالب از جهت بالا

جنس قالب مربعی و جداره استوانه از استیل ضدزنگ ساخته شده است.



شکل ۲. نمای رو به رو از قالب ساخته شده

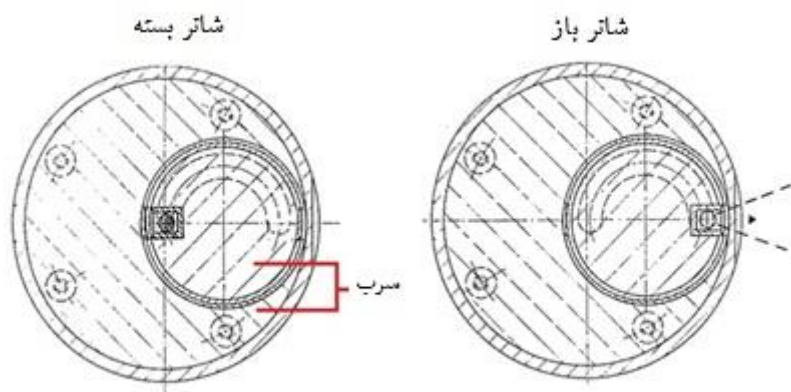
کل مذاب در فاصله  $h3$  کنترل می شود در صورت کاهش یا افزایش از این ارتفاع با فرمان دادن به دریچه تاندیش و یا تنظیم سرعت های کشنده ارتفاع کنترل می شود.

ساخت چشمه: از میان چشمه های گامای صنعتی با توجه به شدت، انرژی گاما و نیمه عمر، سزیم ۱۳۷ و کبالت ۶۰ متداولترین چشمه ها هستند [۴].

با توجه به اینکه سزیم به صورت پودر است و قابلیت شکل دهی ندارد از کبالت ۶۰ استفاده شده است.

چشمه به کار رفته یک چشمه  $^{60}\text{Co}$  میله ای با ارتفاع ۲۰ cm و اکتیویته ۸,۵ mCi می باشد. توزیع اکتیویته جهت رفتار خطی در کل آشکارساز طوری انتخاب شده است که اکتیویته از بالا به پایین افزایش می یابد. نسبت افزایش خطی اکتیویته در طول چشمه ۱,۴ می باشد.

کلیماتور ساخته شده به نحوی است که چشمه درون آن قرار گرفته و دارای قابلیت شاتر باز و بسته است تا در زمانی که دستگاه خاموش است، دز محیطی کاهش یابد. [۵]



شکل ۳. نمایی کلیماتور در حالت باز و بسته

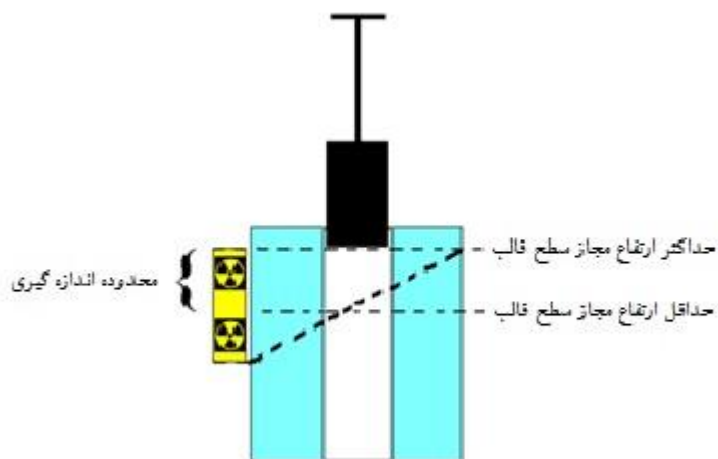
آشکارساز ساخته شده شامل یک کریستال  $1 \times 2 \text{ NaI(Tl)}$  اینچ و یک PMT مدل FEU-۳۱A-Russia می باشد. الکترونیک آشکارساز شامل پیش تقویت کننده، تقویت کننده، مقایسه کننده ارتفاع پالس LL و UL شارنده، تولید آرایه و ارسال کننده یک آرایه ۱۰ بیتی شامل اطلاعات مختلف با پروتکل ۴-۲۰ mA می باشد.



شکل ۴. نمایی از دستگاه ساخته شده

## نتایج

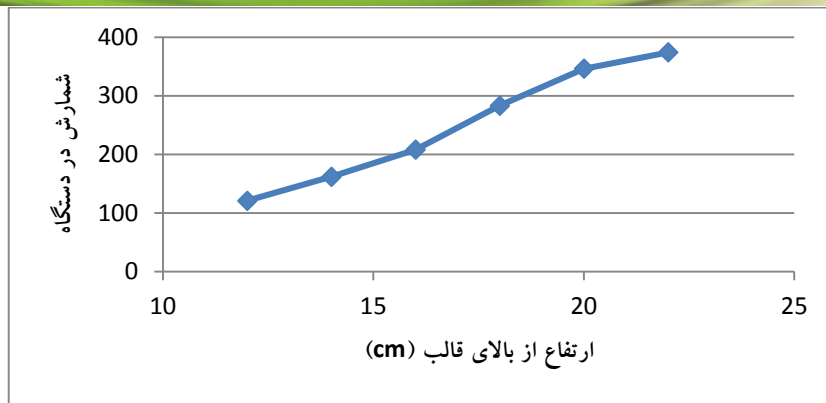
برای انجام تست یک شمش آهنی با ابعاد  $15 \times 15 \times 20$  سانتی متر ساخته و توسط یک مکانیزم با ارتفاع‌های قابل کنترل از بالا وارد قالب شده و در فواصل سانتی متر با توقف خوانده می‌شود.



شکل ۵. شماتیک حرکت دستگاه

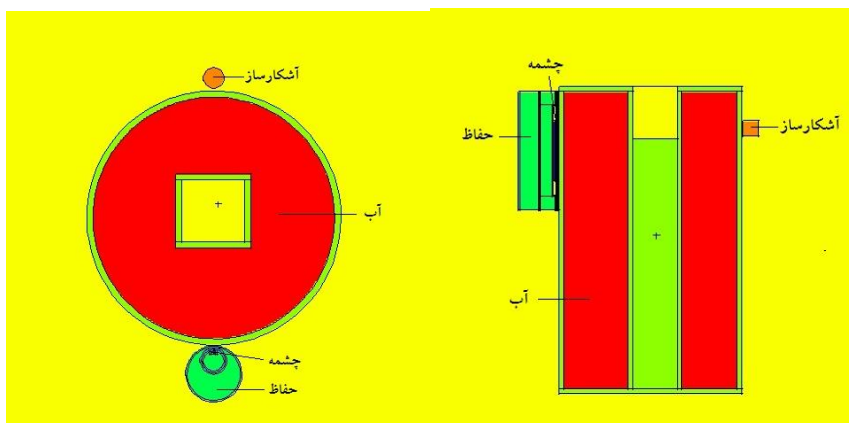
همانطور که در نتایج دیده می‌شود در فاصله  $12-22$  cm از بالای مذاب رفتار تابع به صورت خطی می‌باشد لذا می‌توان با استفاده از این نتایج خروجی صنعتی  $4-20$  mA را تولید و ارسال کرد.

میزان دقت دستگاه بر اساس پارامتر اندازه‌گیری شده برای یک رشته داده  $0.08 = \frac{STD}{MEAN}$  تعیین می‌شود.

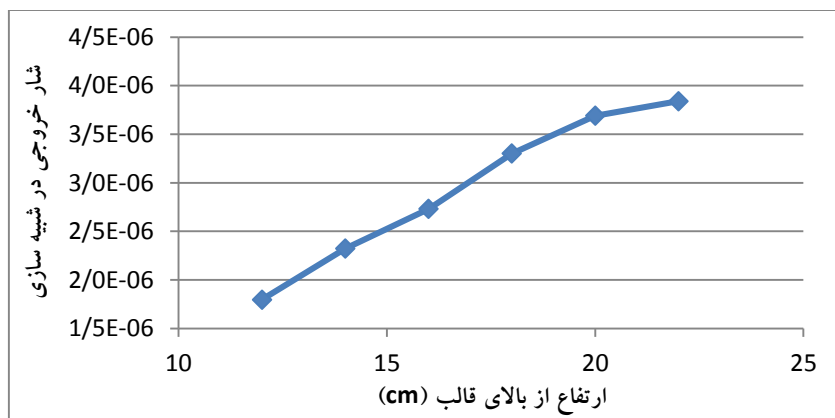


شکل ۶. نتایج به دست آمده از تست دستگاه

هندسه شبیه سازی شده  $Mcnp$  در شکل های ۷ آمده است. در شبیه سازی شار داخل آشکارساز با تالی  $f_4$  به دست آمده است که نتایج شبیه سازی در شکل ۸ نمایش داده شده که تقریباً همانند تست دستگاه است.



شکل ۷-الف. هندسه شبیه سازی شده از رو به رو و شکل ۷-ب. هندسه شبیه سازی شده از جهت بالا



شکل ۸. نتایج به دست آمده از شبیه سازی دستگاه



با توجه به این که نیمه عمر کبالت ۵,۲۷ سال است و قالب های مذاب بیشتر از یک ماه استفاده نمی شوند، میزان افت اکتیویته در یک ماه حدود ۱,۵ درصد می باشد که میزان خطای ایجاد شده در دستگاه معادل ۲ میلی متر می شود. با توجه به این که مدار گیرنده دستگاه قابلیت ذخیره زمان کالیبراسیون را دارد، این مقدار خطا را می توان با ضرب شمارش های خوانده شده در  $e^{+\lambda t}$  اصلاح نمود که  $t$  برابر مدت زمانی است که از هر کالیبراسیون می گذرد.

### بحث و نتیجه گیری

در کارخانجات تولید شمش فولاد تعیین آهنگ ورود مذاب به داخل قالب نقش مهمی در کنترل کیفیت محصول، سرعت و پیوستگی خط و بسیاری از موارد دیگر دارد.

نتایج حاصله نشان می دهد برای کارخانه ای با تولید شمش ۱۵×۱۵ cm با طول پیوسته می توان از یک چشمه  $^{60}\text{Co}$  با اکتیویته از مرتبه mCi استفاده کرد و با توجه به رابطه  $y=ax+b$  به کنترل سطح قالب پرداخت.

نتایج به دست آمده از دستگاه ساخته شده نشان دهنده دقت  $\pm 1,5$  mm با زمان پاسخ میانگین ۵ ثانیه می باشد. از آنجایی که زمان پاسخ ۵ ثانیه برای دستگاه زیاد است لذا زمان پاسخ به ۵۰۰ میلی ثانیه تقلیل یافته و دقت  $\pm 5$ mm می شود.

### مراجع

- [۱] G.FOLDIAK – INDUSTRIAL APPLICATION OF RADIOISOTOPES –AKADEMIAI KIADO,PUDAPEST -۱۹۸۶
- [۲] Technical information – mould level gauge – LB ۴۴۰ –Berthold Technologies
- [۳] Gao Feiyan,Tang YaogengThe digital isotopic level gauge for the mould of melting steel-Control Conference, ۱۶-۱۸ July ۲۰۰۸ - ۱۷۳ - ۱۷۶
- [۴] M. Hussein - Handbook on Radiation Probing, Gauging, Imaging and Analysis – Volume I: Basics and Techniques - Kluwer Academic Publisher - ۲۰۰۴
- [۵] Herman Cember , THOMAS E JHONSON - INTRODUCTION TO HealthPhysics FOURTH EDITION -۲۰۰۸- ۵۱۳-۲۰۰۸