

ساخت تیوب شتاب دهی

صنایع شیشه و سرامیک

مشخصات فناوری

| | |
|----------------|---|
| دسته فناوری | ماشین آلات و تجهیزات پیشرفته |
| زیردسته فناوری | تجهیزات ساخت و تولید مواد و قطعات فلزی، سرامیکی، پلیمری و کامپوزیتی |
| توضیحات | ساخت تیوب شتاب دهی برای استفاده در شتاب دهنده های الکترواستاتیک |

اطلاعات مسئله

| | |
|-------------------|-----------------------------|
| نوع مسئله | توسعه محصول جدید |
| دلایل ایجاد مسئله | ارتقاء محصول |
| شیوه همکاری | عقد قرارداد ارائه خدمات فنی |

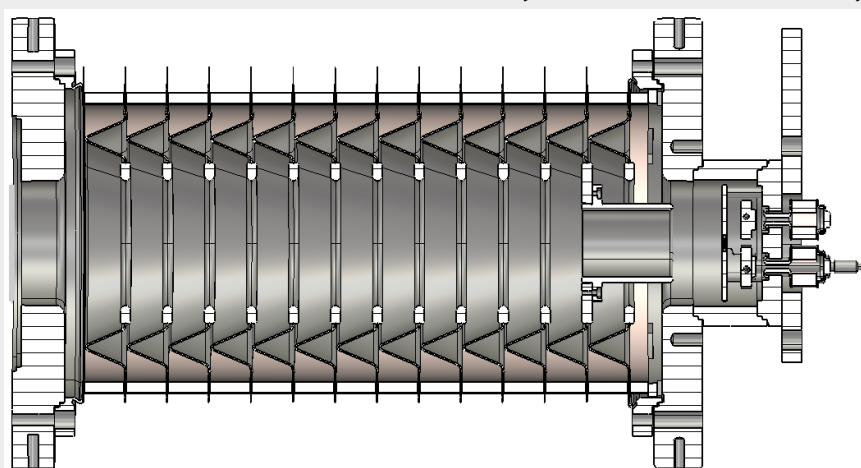
شرح مسئله

• محصول (محصولات) تولیدی متقاضی

برای شتاب دادن به ذرات باردار از شتاب دهنده های ذرات استفاده می شود. بدلیل محدودیت های ناشی از ایزولاسیون ولتاژهای بالا، شتاب دهنده های الکترواستاتیک دارای انرژی های بسیار کمتری نسبت به شتاب دهنده های رادیوفرکانسی هستند. نقش تیوب شتاب دهی در یک شتاب دهنده الکترواستاتیک، ایجاد گرادیان میدان الکتریکی یکنواخت بر روی مسیر حرکت ذرات، برای شتاب دادن به آنها است. این کار از طریق تقسیم پتانسیل پایانه ولتاژ بالا بر روی چیدمانی از الکترودهای موازی و پشت سرهم صورت می گیرد. میدان الکتریکی بین این الکترودها از رابطه $E = -\nabla V$ به دست می آید. در این رابطه V همان ولتاژ اعمالی بین الکترودهای متوالی است. این نکته حائز اهمیت است که هرچقدر مقدار ولتاژ اعمال شده ثابت تر و پایدارتر باشد، میدان الکتریکی ایجاد شده نیز صاف تر خواهد بود. تغییرات و نوسانات ولتاژ اعمال شده بروی الکترودها، تاثیر مخربی بر روی شکل خطوط میدان الکتریکی خواهد گذاشت که در نهایت باعث برخورد ذرات شتاب گرفته به یکدیگر و یا به دیوار تیوب خواهد شد. ساختمان تیوب از سه بخش اصلی الکترودها، صفحات عایق و مقسم ولتاژ تشکیل شده است. الکترودها نقش ایجاد میدان الکتریکی و شتاب دادن به ذرات را دارند. صفحات عایق نیز نقش حفظ خلأ تیوب و همچنین نگهداری الکترودها در کنار یکدیگر بر روی یک محور مستقیم را دارند. مقسم ولتاژ نیز وظیفه اعمال ولتاژ یکسان به الکترودها را به عهده دارد.

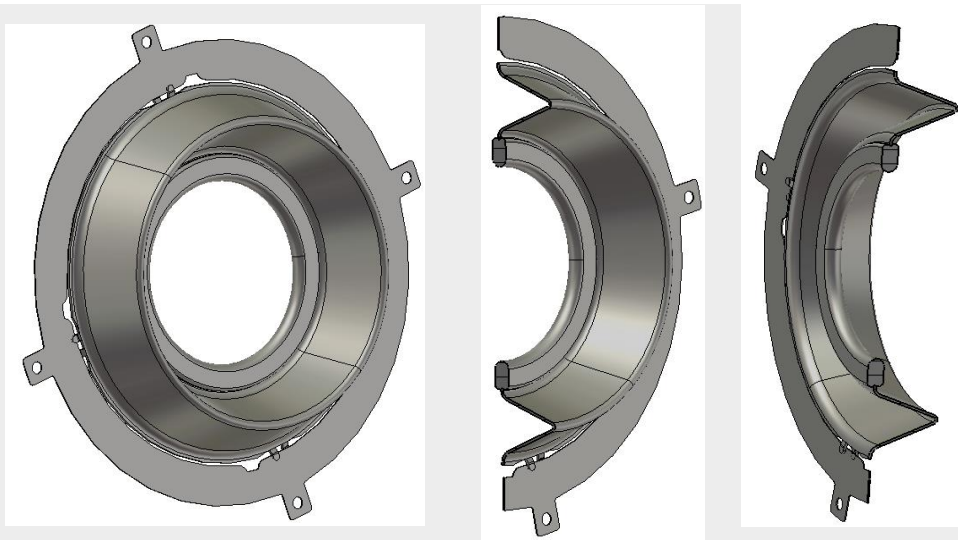
در اکثر شتاب‌دهنده‌های الکترواستاتیک برای ساخت الکترودهای شتاب‌دهی از سه ماده استیل، آلومینیوم و تیتانیوم استفاده می‌شود. برای ساخت الکترودهای شتاب‌دهنده الکترواستاتیک در گستره انرژی پایین از آلیاژ آلومینیوم $AL_{60.63}Mg_{.7}Si_{.4}$ استفاده می‌شود. این آلیاژ قابلیت چکش‌خواری بالایی دارد و همچنین از قیمت کمی برخوردار است. غیر مغناطیسی بودن، فروپاشی سریع رادیواکتیویته، میزان فعال‌سازی کم و هدایت حرارتی بالا از دیگر مزایای آلومینیوم هستند. البته در انرژی‌های بالاتر، استیل گزینه مناسب‌تری خواهد بود. آلیاژهای استیل ۳۰۴ یا ۳۱۶ دارای مقاومت مکانیکی و کیفیت سطح بسیار بالاتری در مقایسه با آلومینیوم هستند. با توجه به اینکه تیوب مدنظر در این پروژه قرار است در گستره انرژی‌های بالای ۸۰۰ کیلو الکترون‌ولت مورد استفاده قرار گیرد، لذا برای ساخت الکترودهای آن استیل گزینه مناسب‌تری در مقایسه با آلومینیوم خواهد بود.

همچنین برای ساخت قسمت‌های عایق تیوب می‌توان از موادی مانند شیشه، سرامیک و پلکسی گلاس استفاده کرد. توضیحات بسیار کاملی در مورد مواد مختلف قابل استفاده در بخش‌های مختلف تیوب شتاب‌دهی در پیوست آورده شده است. به علت توانایی بالاتر شیشه در عایق بودن، شفافیت، حفظ بهتر خلأ و ضریب انتشار ثانویه کمتر نسبت به سرامیک، ماده انتخابی جهت ساخت صفحات عایق تیوب شتاب‌دهنده الکترواستاتیک مدنظر شیشه بورسیلیکات است. تیوب الکترواستاتیک مدنظر از نوع تیوب ترنر با الکترودهای مثلثی شکل است. در حال حاضر یک نمونه از این تیوب در داخل پژوهشگاه وجود دارد. تیوب‌های مدنظر برای سفارش ساخت نیز دارای همین آرایش و هندسه هستند و تنها تفاوت موجود در ابعاد قطعات مختلف این تیوب است.



شکل ۱. اجزاء ستون افزایشنده ولتاژ یک شتاب‌دهنده دینامیترن.

این تیوب دارای ۱۳ عدد الکتروود مثلثی شکل و دو عدد فلنج در ابتدا و انتهای خود است. همچنین تعدادی الکتروود متفاوت نیز در ابتدا و انتهای این تیوب وجود دارد که در ادامه به ترتیب شکل و نقشه‌های ساخت دقیق این قطعات آورده خواهد شد. تصاویر مقاطع عرضی و نمای کامل الکترودهای شتاب‌دهی این تیوب در شکل ۲ آورده شده است.



مقاطع عرضی و نمای کامل الکترودهای تیوب ۲. شکل

تمامی الکترودها از جنس استیل ۳۱۶ می باشند. این الکترودها اختلاف پتانسیل بالایی (در حدود ۸۰۰ کیلوولت) را تحمل خواهند کرد. به همین دلیل باید از استقامت، استحکام و صافی سطح کافی در برابر اسپارک های احتمالی برخوردار باشند.

همچنین این الکترودها نباید به مرور زمان دچار فرایندهای زنگ زدگی و یا خوردگی بشوند. اسپارک-گپ های مورد نیاز باید بر روی هر کدام از الکترودها تعبیه شود.

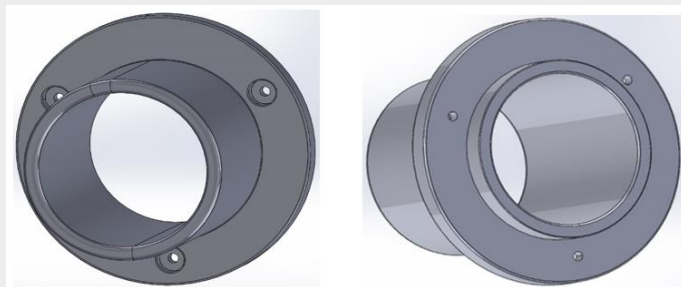
این الکترودها قرار است که در ترکیبی از گازهای نیتروژن و دی اکسید کربن با فشار حداکثر ۲۰ اتمسفر در داخل محفظه تحت فشار قرار گیرند، لذا لازم است که تیوب ساخته شده بتواند خلاء خود را ۷-۱۰ اتمسفر به خوبی و به شکل پایدار حفظ کند.

تهیه نقشه های نهایی (As built) قطعات موضوع این پیشنهاد با جزئیات کامل شامل: تلورانس ها، صافی سطوح و روش های پیشنهادی ساخت، شستشو، انجام پروسه پولیش کاری و براق کاری بر اساس ابعاد، هندسه و جزئیات ارائه شده بر عهده پیمانکار بوده و جزء خدمات قرارداد خواهد بود.

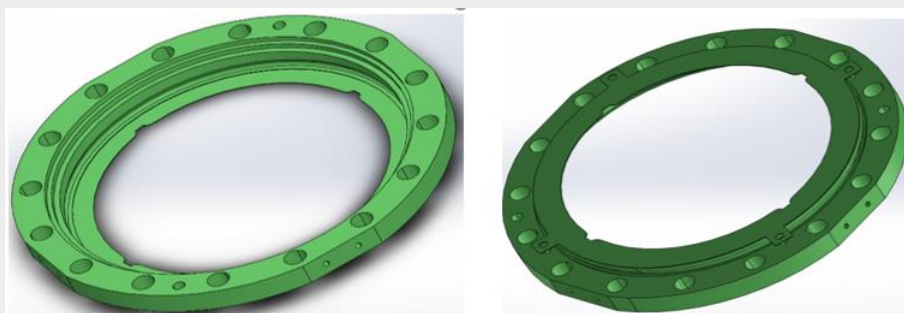
طراحی های الکترومغناطیسی و مکانیکی بخش های مختلف، توسط گروه فنی پروژه انجام شده است و برحسب نیاز، نتایج مربوطه با پیمانکار تبادل نظر خواهند شد. کلیه طراحی ها و نقشه های مورد اشاره محرمانه و جزء دارایی های پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای به عنوان کارفرما است. پس از انتخاب پیمانکار و امضای قرارداد و دریافت نقشه ها، حق هیچ گونه استفاده ای جز انجام سفارش محوله برای پیمانکار، وجود نخواهد داشت. از ایده های قابل ارائه در راستای بهبود و تغییر در طراحی مکانیکی برای ساده سازی پروسه ساخت، با این شرط که تغییرات به تایید گروه فنی پروژه برسد، استقبال خواهد شد. در ادامه برای درک بهتر از اجزاء مکانیکی مورد تقاضا، طرحواره هایی از اجزاء ارائه شده است.



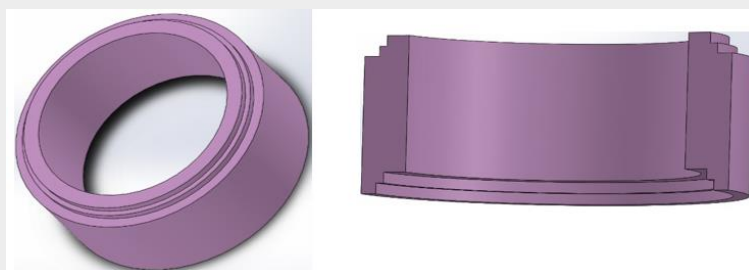
شکل ۳. اولین الکتروود تیوب که به فلنج ابتدایی تیوب پیچ می‌شود.



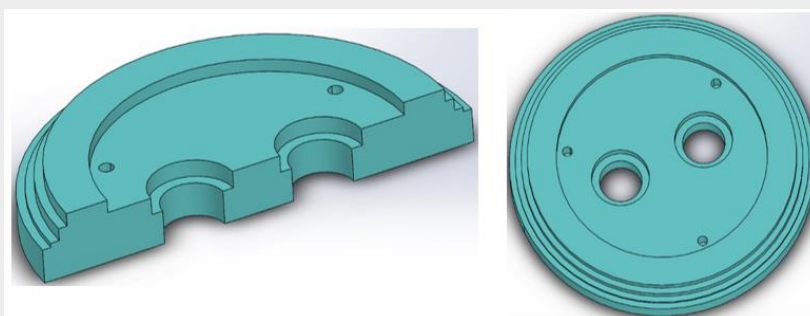
آند ابتدایی تیوب. شکل ۴.



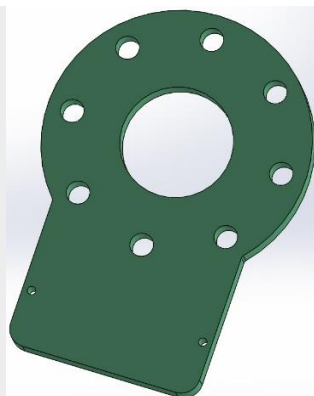
آخرین بخش تیوب که به فلنج انتهایی پیچ می‌شود. شکل ۵.



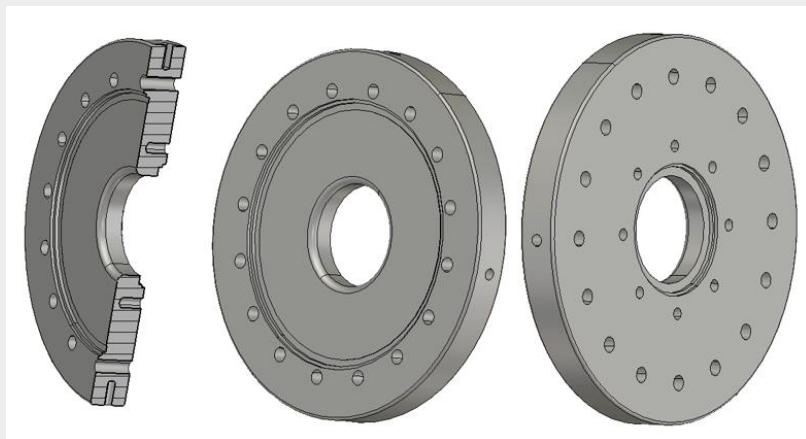
نگهدارنده روی تیوب. شکل ۶.



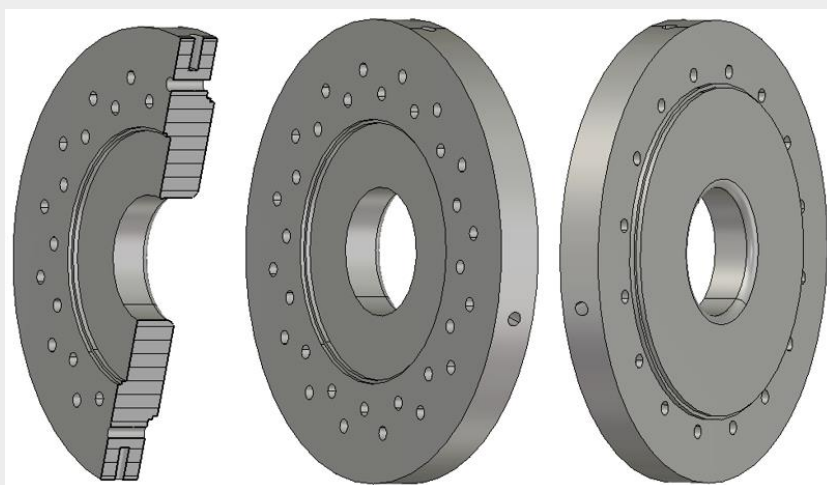
درپوش نگهدارنده روی تیوب. شکل ۷.



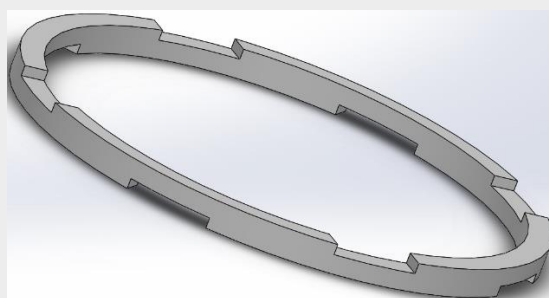
فیکسچر ابتدایی تیوب. شکل ۸.



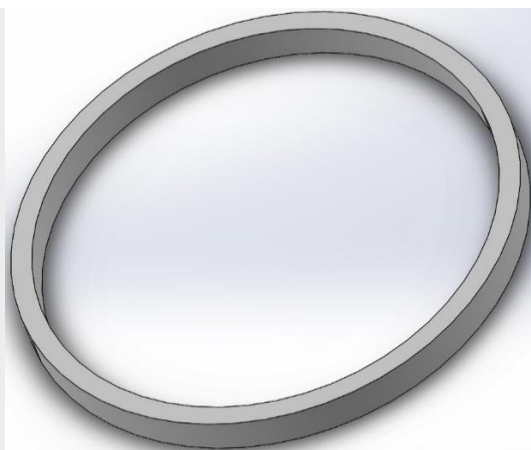
فلنج ابتدایی تیوب. شکل ۹.



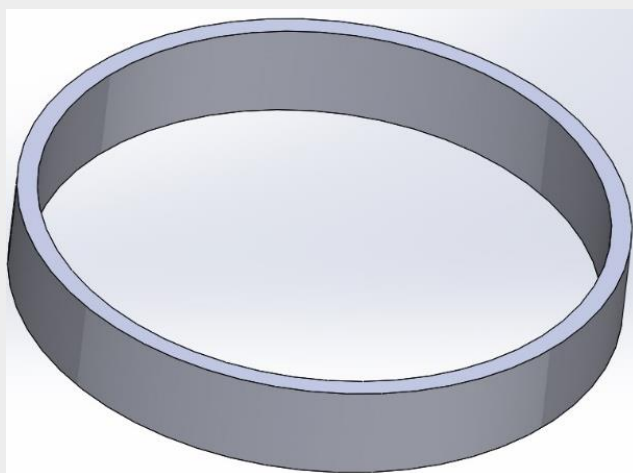
فلنج انتهایی تیوب. شکل ۱۰.



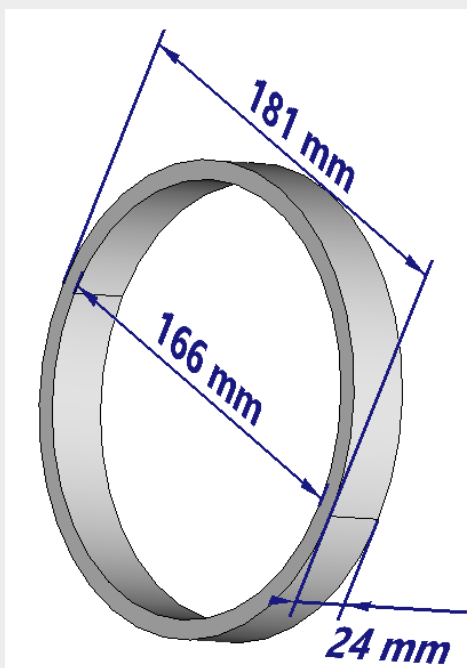
عایق آلومینای زیر فلنج ابتدایی. شکل ۱۱.



عایق آلومینای بریز شده ابتدای تیوب. شکل ۱۲



عایق آلومینای بین الکترودهای شتاب دهی تیوب. شکل ۱۳



ابعاد هندسی عایق های آلومینای بین الکترودهای تیوب. شکل ۱۴

بروز هرگونه اسپارک و تخلیه و یا شکست الکتریکی در این ساختار می تواند سبب آسیب دیدن عایق های تیوب و حتی دیگر بخش های شتاب دهنده شود. برای فائق آمدن بر این مشکلات، لازم است الکترودها به گونه ای ساخته شوند که فاقد هرگونه نقطه نوک تیز و یا پولیش نشده باشند.

- **روش تولید محصول**

با ارائه نقشه از طرف کارفرما، پیمان کار ساخت الکتروده و سرامیک و جوش الکتروده با سرامیک را طبق نقشه ارائه شده انجام خواهد داد.

- **مواد اولیه مصرفی**

الکتروده و سرامیک

- **تعریف دقیق مشکل یا نیاز**

با توجه به نیاز شتابدهی ذرات با تیوب شتابدهی در شتابگرهای الکترواستاتیک، ساخت این تیوب با تکنولوژی جوش فلز به سرامیک با قابلیت اطمینان مکانیک و تامین خلا بسیار پایین نیاز اساسی می باشد.

- **هدف و محدوده طرح**

هدف رسیدن به یک تیوب شتابدهی در ابعاد مورد نظر با قابلیت تامین خلا بسیار پایین و استحکام مکانیکی بالا می باشد.

- **عوامل محیطی و محدود کننده، موثر بر نیاز**

ساخت تیوب نیازمند کوره های بریزینگ با حجم کاری بالا می باشند.

- **چرا شرکت باید این مشکل را حل کند؟**

با توجه به کاربرد خاص و مشخص این نوع تیوب و همچنین تولید توسط شرکت های محدود در دنیا، ساخت این نوع تیوب ها امکان ارتقا زیرساخت های کشور در زمینه شتابگرها و چشمه های ذرات را بالا خواهد برد.

شرکت های سازنده

| ردیف | نام شرکت | سایت | محل استقرار |
|------|----------|---|-------------|
| ۱ | صاشیراز | - | شیراز |
| ۲ | عباد | https://www.ebad-group.ir/about-us | تهران |

- **حل مشکل چه ارزشی برای شرکت ایجاد می کند (عدم حل مشکل چه هزینه هایی دارد)؟**

با تولید و ساخت چنین منابع شرکت قابلیت تولید منابع ولتاژ در هر سطحی را خواهد داشت که ارزش افزوده بسیاری برای شرکت در آینده می تواند داشته باشد. شرکت قابلیت تولید انواع منابع با ولتاژ و جریان های مختلف را خواهد داشت که بازار خوبی دارد.

- **تحلیل دلایل ریشه ای مسئله و عوامل ایجاد**

با توجه به توسعه شتابگرهای ذرات و کاربردهای صنعتی آنها توسعه و ایجاد زیرساخت برای تولید زیر سیستم های شتابگرها الزامی می باشد. همچنین با توجه به ساخت چندین نمونه شتابگر الکترواستاتیک یون و الکترون با هدف های تحقیقاتی و صنعتی در کشور، ساخت تیوب شتابدهی با کیفیت بالا سبب ارتقا کیفیت و مدت زمان عملکرد این شتابگرها خواهد شد.

پیشینه مسئله و مفاهیم علمی مرتبط

- **جایگاه، اهمیت و وضعیت صنعت مسئله و محصولات آن**

شتابگرهای الکترواستاتیک ساخته شده در کشور یا از نمونه ساخته شده با چسباندن شیشه به الکتروود ساخته شده اند و یا خرید خارج بوده اند. همچنین یک مورد اخیرا با همکاری پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای و صاشیراز در حال ساخت می باشد.

- **جایگاه و اهمیت فناوری مسئله در صنعت**

تیوب شتابدهی با توجه به کاربردی که در شتابگرهای ذرات دارد و این شتابگرها کاربردهای بسیاری در صنعت لاستیک سازی، تصفیه پسماند، پزشکی و... دارند و روز به روز به کارگیری این نوع شتابگرها افزایش می یابد.

- **کارکرد (وظیفه) و نحوه عملکرد فناوری مسئله**

تیوب شتابدهی شرایطی جهت شتابدهی ذرات ایجاد می کند و یکی از اجزای اصلی شتابگرها می باشد. با توجه به ساختار و شرایطی که ایجاد می کند امکان حرکت و شتابدهی ذرات را ایجاد می کند.

- **محصولات (خروجی) مورد انتظار**

تیوب شتابدهی با قابلیت ایجاد خلا^{۹-۱۰} تور و استحکام مکانیکی بالا

- **تجهیزاتی که در فرآیند تولید مستقیم با فناوری مسئله در ارتباط هستند**

جوش سرامیک به فلز در ساختارهای نسبتا بزرگ

بررسی ویژگی‌های عملکردی خروجی موردنظر

| ردیف | ویژگی عملکردی | واحد | مقدار کنونی | مقدار مطلوب | توضیحات |
|------|---|------|---|-------------|---------|
| ۱ | ولتاژ ۵۰۰ کیلوولت برای هر ستون | - | ولتاژ ۵۰۰ کیلوولت برای هر ستون | - | - |
| ۲ | قابلیت ایجاد شرایط خلا 10^{-9} تور | - | قابلیت ایجاد شرایط خلا 10^{-9} تور | - | - |
| ۳ | اتصال با جوش سرامیک به فلز | - | چسب الکتروود و شیشه | - | - |
| ۴ | قابلیت استفاده در محیط با فشار بیرون ۲۰ بار | - | قابلیت استفاده در محیط با فشار بیرون ۱۵ بار | - | - |

الزامات و ملاحظات حل مسئله

| | |
|-------------------------|---|
| الزامات مأموریتی | شتابدهی ذرات با هدف استفاده در شتابگرهای الکترواستاتیک |
| الزامات کارکردی | شتابگرهای الکترواستاتیک |
| الزامات عملکردی | عملکرد پیوسته طولانی مدت |
| الزامات فصل مشترک | قابلیت نصب و مونتاژ ساده |
| الزامات محیطی | ایجاد شرایط خلأ در داخل تیوب و تحمل فشار بیرونی ۲۰ بار |
| الزامات پشتیبانی | تامین قطعات پشتیبان مورد نیاز |
| الزامات طول عمر عملیاتی | استفاده طولانی مدت و پیوسته بدون خرابی |
| الزامات تضمین محصول | تضمین محصول تا ۳ سال |
| الزامات ایمنی | ایمنی در لرزش |
| الزامات طراحی | طبق نقشه کارفرما |
| الزامات نمونه اولیه | قابلیت عملکرد در شتابگر موجود و انجام تست در شرایط مختلف کاری |

حداقل سفارش (مواد/دستگاه) مورد نیاز متقاضی (با فرض ملاحظات مالی)

| ردیف | عنوان | تعداد / مقدار | واحد | مقیاس زمانی | توضیحات |
|------|--------------|---------------|------|-------------|---|
| ۱ | تیوب شتابدهی | ۲ | ۱ | اسال | برای انجام تست های اول یک نمونه مورد نیاز می باشد |

خدماتی که برای اجرای پروژه در اختیار فناور قرار می گیرد

ارائه نقشه و جزییات فنی

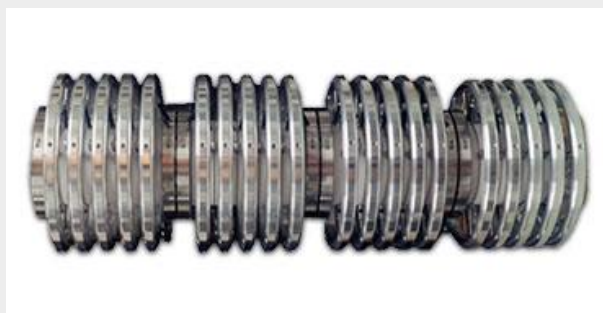
راه حل های پیشنهادی

استفاده از کوره برزینگ با حجم بزرگتر

شماره ۱

نمونه مشابه محصول/ فناوری یا راه حل های طی شده

| | | | |
|---|-----------|-----------------------------------|-------------|
| National Electrostatics Corp. (NEC) | نام شرکت | Acceleration Tube Applications | نام محصول |
| https://www.pelletron.com/products/acceleration-tubes | آدرس سایت | آمریکا | کشور سازنده |



شرح کاربردهای حل مسئله/ فناوری/ محصول در صنعت مورد نظر

این نوع از منابع با توجه به سفارش ساخته می شوند و عموماً تعداد محدودی مورد نیاز می باشد ولی با توجه به استراتژیک بودن این منابع ایجاد زیرساخت و توان ساخت، قابلیت بالایی از لحاظ فناوری ایجاد خواهد کرد که علاوه بر رفع نیاز موجود، می تواند در زمینه های مختلف به کار گرفته شود.

کاربردهای دیگر حل مسئله/ فناوری/ محصول در صنایع مختلف

در صنعت شتابگرهای ذرات (الکترون و یون)
چشمه های الکترون و یون

کارخانجات و تولیدکنندگان مطرح مرتبط با کاربردهای دیگر حل مسئله/ فناوری/ محصول

| ردیف | نام شرکت | سایت | محل استقرار |
|------|------------------------------------|---|-------------|
| ۱ | مراکز دانشگاهی و پژوهشی | - | - |
| ۲ | وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح | - | - |
| ۳ | IPM | https://www.ipm.ac.ir | - |

ضعف

- تحریم

قوت

- وجود زیرساخت
- وجود شرکت های فعال
- وجود نیروی انسانی

تهدید

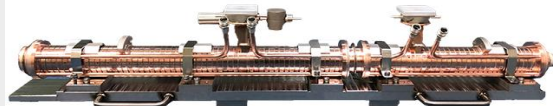
- وجود نمونه مشابه خارجی
- نیاز محدود

فرصت

- شرکت های دانش بنیان فعال در این زمینه

تصاویر

یک نمونه تیوب شتاب دهی
رادیوفرکانسی خطی باند X
مورد استفاده در زمینه
رادیوتراپی



تصویر ۱

یک نمونه تیوب شتاب دهی
الکترواستاتیک



تصویر ۲