

کلیه مراحل ساخت و طراحی در پژوهشکده پوششهای نانوساختار انجام گرفته است.

دفترچه راهنمای دستگاه آسیای پر انرژی سیمولویر

مدل HAS 01



فهرست عناوین

عنوان	صفحه
1- مقدمه	1
2- مبانی نظری دستگاه	2
2-1- آنالیز پارامترهای آسیاکاری	2
2-2- اندازه بهینه گلوله‌های آسیا	3
2-3- نسبت بهینه پر شدن محفظه آسیا از گلوله‌ها	4
3- کاربردهای دستگاه	4
4- مقایسه دستگاه آسیای سیمولویر با سایر آسیاهای پرانرژی	5
5- نحوه کار با دستگاه	6
5-1- جزئیات دستگاه آسیای مدل HAS 01	7
5-2- شارژ کردن مواد و گلوله‌ها به درون محفظه آسیا	8
5-3- آسیاکاری تحت شرایط معین و برنامه مشخص	9
5-4- تخلیه مواد آسیاکاری شده	12
6- مشخصات فنی دستگاه	13

1- مقدمه

استفاده از انرژی مکانیکی برای خردایش سابقه طولانی در زمینه فرآوری مواد معدنی دارد. این موضوع با نگاهی به انواع آسیابها که در مراحل مختلف خردایش مورد استفاده قرار می‌گیرند، قابل فهم است. متأسفانه این آسیابها در مراحل خردایش ریز یعنی Grinding با توجه به افزایش استحکام مواد دانه ریز با مشکلات عدیده‌ای روبرو هستند که از جمله آنها می‌توان به راندمان خردایش بسیار پایین، انرژی مصرفی بسیار بالا، سرعت آسیاکاری پایین و نیز انرژی انتقالی کم به مواد، اشاره داشت. از طرف دیگر با بروز برخی مواد جدید در صنعت از جمله رنگهای با اثر فلزی که در ترکیب آنها از ورقه‌های فلزی استفاده می‌شود نیاز به فناوری جدید برای تولید چنین ورقه‌هایی احساس می‌شد. بدنبال چنین انتظاراتی و نیز بحث بهره‌وری انرژی تلاشهای بسیاری صورت گرفت تا فرآیند آسیاکاری پرانرژی صنعتی شود. در میان انواع تجهیزات تولید شده، آسیابهای پر انرژی نوع اتریتور (Attritor) به دلیل مزایای انرژی انتقالی بالاتر، تولید پودرهای ریزتر، و ظرفیت بالاتر تولید، قابلیت پیوسته شدن و افزایش مقیاس کاربردهای گسترده‌ای در صنایع مختلف یافتند. متأسفانه این نوع آسیابها به صورت عمودی ساخته می‌شدند و دچار عیب ایجاد منطقه مرده و غیر یکنواختی محصول آسیاکاری شده بودند. در کنار این عیوب و بوجود آمدن نیاز به انواع مواد جدید در صنایع مختلف که با حضور نانوفناوری شدت گرفت، تولید مقرون به صرفه انواع مختلف نانومواد نیاز به یک به یک فناوری جدید را بیش از پیش ضروری کرده است. در میان انواع فناوریهای مختلف، انواع آسیابهای پر انرژی به دلیل معایبی که قبلاً ذکر شد، برای تولید اینگونه مواد از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نبودند. در این میان تلاش یکی از شرکتهای بنام در زمینه تولید آسیابهای پر انرژی، نوعی آسیاب جدید که از مشکلات آسیابهای اتریتور عمودی مبرا است را با نام **سیمولویر (Simoloyer)** به بازار عرضه کرد. در ابتدای امر از این آسیابها برای تولید انبوه ورقه‌های فلزی استفاده می‌شد. شرکت سازنده این نوع آسیابها بعدها توانست تا انواع مختلف این آسیابها با ظرفیتهای خاص تا حجم 400 لیتر را

تولید نماید. علاوه بر این به منظور کنترل بهینه فرآیند آسیاکاری، شرکت زاز (ZOZ) نرم افزار خاصی را نیز با نام MALTOZ توسعه داد. امروزه این شرکت تلاش می کند تا آسیاهای با توان، ظرفیت و انرژی بالاتر را به منظور استفاده در تولید صنعتی بسازد. این شرکت آسیای دیگری را نیز با نام HV تولید نموده که از حیث انرژی جنبشی در سطح پائین تری نسبت به آسیاهای سیمولویر قرار دارد. این دستگاهها بیشتر برای کاربردهائی که نیازمند انرژی متوسط هستند، قابل استفاده هستند. به طور خلاصه می توان گفت که از میان انواع آسیاهای پر انرژی که تا کنون ساخته شده اند، آسیاهای سیمولویر از انرژی بالاتر و قابلیت های ویژه ای برخوردار است که می تواند در آینده ای نه چندان دور تولید صنعتی بسیاری از نانومواد و مواد نانو ساختار را در دنیا عملی کند.

2- مبانی نظری دستگاه

با توجه به اینکه مهمترین ویژگی آسیابهای پرانرژی نوع و میزان انرژی فراهم شده توسط آسیاب برای مواد پودری شکل قرار گرفته در محفظه و در بین گلوله های آسیاب است، در ادامه سعی خواهد شد تا درباره موضوعات (الف) آنالیز پارامترهای آسیاکاری، (ب) اندازه بهینه گلوله های آسیاب و (ج) نسبت بهینه پر شدن محفظه آسیاب از گلوله ها در آسیاهای پر انرژی سیمولویر توضیحات مختصری ارائه شود.

2-1- آنالیز پارامترهای آسیاکاری

در آسیاهای پر انرژی از انواع انرژیهای بدست آمده از نیروهای ضربه ای ناشی از برخورد گلوله ها به مواد پودر، نیروهای برشی، نیروهای فشاری و ... برای منظورهای مختلف خردایش، آلیاژسازی و آسیاکاری واکنشی بهره برده می شود. در دستگاه سیمولویر، نیروئی که در این آسیابها ایجاد و از آن برای کاربردهای مختلف آسیاکاری بهره برده می شود، نیروهای ضربه ای هستند. با توجه به مطالعات بسیاری از محققین در خصوص ارزیابی انرژی در آسیاهای مختلف، مشخص شده است که مهمترین پدیده ای که برای انتقال انرژی به مواد پودری قرار داده شده در محفظه آسیاب رخ می دهد، برخوردهای پی در پی بین گلوله ها و ذرات پودر قرار

گرفته در فضای بین گلوله‌ها است. بنابراین مهمترین پارامتر در فرآیند آسیاکاری، انرژی جنبشی منتقل شده به ذرات پودر در اثر برخورد گلوله‌ها به پودر است که از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$W = \frac{1}{2} m V^2 \quad (1)$$

در این رابطه، V سرعت نسبی گلوله‌ها و m جرم گلوله‌ها است. در حالتی که محور آسیاب با سرعت ثابت n_r می‌چرخد، بیشترین سرعت به گلوله‌های مجاور نوک تیغه‌های موجود روی محور همزن منتقل می‌شود. میزان این سرعت از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$V_{b,max} = \pi n_r d_r \quad (2)$$

در این رابطه، d_r قطر محور آسیاب است. بیشینه سرعت بدست آمده از رابطه فوق طی یک ضربه عمودی از تیغه به گلوله‌های قرار گرفته در مجاور تیغه منتقل می‌شود. در نتیجه در کسر بسیار کوچکی از زمان گلوله‌های مورد نظر به سرعت بیشینه $V_{b,max}$ خواهند رسید که به نوبه خود این گلوله‌ها در مسیر حرکت خود به گلوله‌های دیگر و مواد پودری برخورد کرده و ضمن انتقال انرژی خود به آنها، سرعت خود را از دست می‌دهند.

2-2- اندازه بهینه گلوله‌های آسیا

در خصوص قطر بهینه گلوله‌های آسیاب چندین نکته مهم وجود دارد. اول اینکه از نقطه نظر انرژی جنبشی، گلوله‌ها باید تا حد امکان بزرگ باشد. دوم اینکه هر چه قطر گلوله‌ها کمتر باشد، اگرچه انرژی جنبشی کمتر می‌شود ولی تعداد برخوردها و همچنین سطح برخورد ذرات پودر با ساچمه‌ها افزایش می‌یابد. نکته سومی که مهمتر از نکات قبلی است بدین شرح است که قطر گلوله‌ها نباید به اندازه‌ای باشد که سبب متوقف شدن آسیاب در حین کار شود. به همین منظور شرکت ZOZ پیشنهاد داده است که رابطه بین ابعاد فضای بین جداره داخلی و نوک تیغه‌های محور آسیاب و قطر گلوله‌ها باید به صورت زیر باشد:

$$d_v - d_r = 6d_b \quad (3)$$

در این رابطه، d_v قطر داخلی محفظه آسیاب، d_r قطر محور همزن آسیاب و d_b قطر گلوله‌ها است.

2-3- نسبت بهینه پر شدن محفظه آسیا از گلوله‌ها

میزان حجمی از محفظه آسیاب که توسط گلوله‌ها پر می‌شود باید به گونه‌ای باشد که تمامی گلوله‌ها با تیغه‌های محور همزن برخورد داشته باشند و در ضمن فضای کافی برای حرکت آزادانه گلوله‌ها در داخل محفظه وجود داشته باشد. رعایت نکات مذکور باعث خواهد شد تا تمامی گلوله‌ها در برخورد با تیغه‌ها حداکثر انرژی جنبشی را کسب نمایند. طبق فعالیتهای صورت گرفته توسط محققین شرکت ZOZ رابطه زیر برای حجم بهینه گلوله‌های آسیاب (V_b) بدست آمده است:

$$V_b = (\pi r_v^2 l_v) - \pi \left[r_r - \frac{2}{3} (r_v - r_r) \right]^2 l_v \times 0.65 \quad (4)$$

در این رابطه، r_v شعاع محفظه آسیاب، l_v طول محفظه آسیاب و r_r شعاع تیغه‌های محور همزن آسیاب است.

3- کاربردهای دستگاه

با توجه به انرژی بسیار بالای آسیاهای سیمولور کاربردهای آنها را می‌توان به سه حوزه تقسیم بندی نمود: (الف) آسیاکاری پر انرژی، (ب) آلیاژسازی مکانیکی و (ج) آسیاکاری واکنشی

در جدول (1) برخی از کاربردهای آسیاهای سیمولور در هر حوزه به اختصار بیان شده است.

جدول (1): کاربردهای آسیاهای سیمولور در زمینه های مختلف

آسیاکاری پر انرژی	آلیاژسازی مکانیکی	آسیاکاری واکنشی
تولید نانومواد از مواد میکرونی	تولید مواد نانوبلورین، تولید مواد آمورف	تولید مواد برای تماس الکتریکی
تولید ورقه‌های فلزی	تولید انواع آلیاژهای دیرگداز	تولید مواد نانوبلورین
پوشش‌دهی سطح ذرات پودری	تولید آلیاژهای تقویت شده با ذرات اکسیدی	تولید مواد به روش مکانو شیمیائی
تولید مواد نانوبلورین	تولید مواد مغناطیسی	تولید مواد از واکنشهای حالت جامد
تولید مواد (نانو) کامپوزیتی	تولید مواد یاتاقان حاوی روانکارهای جامد	تولید ترکیبات هیدروژن دار
تولید مواد مغناطیسی نرم	تولید (نانو) کامپوزیتهای سرامیک فلز	فعالسازی مواد (کاتالیزست)

4- مقایسه دستگاه آسیای سیمولویر با سایر آسیاهای پرانرژی

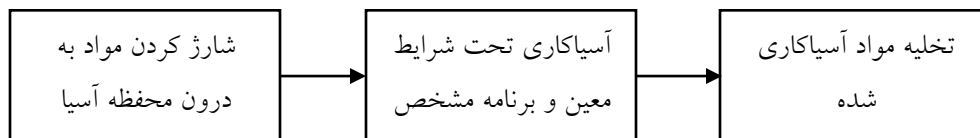
در جدول (2) آسیاهای سیمولویر با برترین آسیاهای پرانرژی موجود از جنبه‌های مختلف مقایسه شده است.

جدول (2) : مقایسه آسیاهای سیمولویر با برترین آسیاهای پرانرژی موجود

نوع آسیا (برند)					ویژگی آسیاب
گلوله‌ای (مختلف)	غلته‌ای Union) (Process	ماهواره‌ای (مختلف)	سیمولویر (ZOZ)	لرزشی (Spex)	
-1	4	5	8	10	رابطه تأثیر انرژی
زیاد	متوسط تا زیاد	متوسط	کم	کم	رابطه اصطکاک به برش
کم	کم تا متوسط	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	رابطه برخورد
کند	متوسط	متوسط	شدید	خیلی شدید	سینتیک فرآیند
مورد نیاز	شدید	کم	خیلی کم	کم	تأثیر گراناش
3	1	0/2	0/9	0/08	حداکثر قطر (m)
20000	1000	8	400	0/2	حداکثر حجم کل (l)
5	4/5-5/1	5	14	12	حداکثر سرعت نسبی (m/s)
0/01-0/03	0/1-0/75	---	0/55-3	---	انرژی ویژه (KW/l)
غیر ممکن	سخت	غیر ممکن	ممکن	غیر ممکن	پیوسته کردن فرآیند
شدنی	شدنی	نشدنی	شدنی	نشدنی	افزایش مقیاس
12000	250	2	250	0/2	حداکثر بچ (Kg)
کم	کم تا زیاد	کم	کم تا زیاد	کم	آلودگی
ضعیف	ضعیف	ممکن	خلاً متوسط	ممکن	ایجاد خلأ
آسان	متوسط	خیلی سخت	ساده	خیلی سخت	تخلیه
نشدنی	سخت	نشدنی	شدنی	نشدنی	قفل هوا
ممکن	ممکن	سخت	شدنی	خیلی سخت	کنترل دما

5- نحوه کار با دستگاه

قبل از شروع هر عملیاتی باید نوع محفظه آسیا، جنس گلوله‌ها و نوع محور همزن آسیا بر اساس نوع ماده مورد آسیاکاری و هدف آسیاکاری انتخاب شوند. در شکل (1) روند کلی کار با آسیاهای مختلف در وضعیت تکباری (Batch) را نشان میدهد.



شکل (1) : روند کلی کار با آسیاهای مختلف در حالت تکباری (Batch)

هر یک از مراحل فوق بسته به نوع آسیا، شرایط و برنامه آسیاکاری به جزئیات بیشتری تقسیم می‌شود. در ادامه مراحل یاد شده برای آسیای مربوطه تشریح خواهد شد.

5-1- جزئیات دستگاه آسیای مدل HAS 01

قبل از پرداختن به نحوه کار کردن با دستگاه و توضیح مراحل مختلف عنوان شده در شکل (1) ضروری است تا در نخستین مرحله با اجزای مختلف دستگاه و وظایف هر جزء صحبت شود. در شکل (2) مهمترین اجزاء دستگاه آسیای HAS 01 شماره گذاری شده است. در جدول (3) نیز نام اجزاء مربوطه به همراه وظایف هر جزء بیان شده است.



شکل (2) : تصویری از دستگاه آسیا مدل HAS 01

جدول (3) : نام و وظیفه اجزای دستگاه آسیای HAS 01 نشان داده شده در شکل (2)

شماره	نام جزء	وظیفه
1	چراغ وضعیت	در صورت روشن بودن نشاندهنده وجود جریان الکتریکی در الکتروموتور دستگاه آسیا است.
2	کلید برق	با فشردن کلید سیاه جریان الکتریکی از درایور به الکتروموتور منتقل و چراغ وضعیت روشن میشود با فشردن کلید قرمز ارتباط الکتریکی بین الکتروموتور و درایور قطع و چراغ وضعیت خاموش میشود.
3	پیچ ولوم	تنظیم سرعت آسیا
4	عقره جهت	تنظیم جهت چرخش محور آسیا
5	محفظه آسیا	محفظه دوجداره جهت انجام عمل آسیاکاری
6	درب آسیا	جلوگیری از خروج محتویات داخل محفظه آسیا یعنی گلوله ها و مواد
7	کمر بند	تنظیم و محکم نگه داشتن محفظه آسیا به منظور جلوگیری از دوران محفظه
8	پیچ کمر بند	تنظیم میزان سفتی کمر بند
9	پیچ محفظه	تنظیم ارتفاع محفظه آسیا و نیز محکم نگه داشتن محفظه آسیا
10	الکتروموتور	تأمین نیروی محرکه مورد نیاز برای محور آسیا
11	محور آسیا	مکان نصب بازوهای محور آسیا و به چرخش درآوردن بازوها
12	کوپلینگ	انتقال نیروی محرکه از الکتروموتور به محور آسیا

5-2- بارگذاری مواد و گلوله ها به درون محفظه آسیا

(1) در نخستین مرحله لازم است تا از غیر فعال بودن آسیا اطمینان کامل حاصل شود. بدین منظور دو راهکار وجود دارد :

(الف) کابل دستگاه را از پریز برق جدا کنید.

(ب) کلید قرمز روی کلید شماره 2 را فشار داده تا ارتباط الکتریکی الکتروموتور و درایور قطع گردد. دقت شود در صورتی که این عمل بدرستی صورت گیرد، چراغ وضعیت (جزء شماره 1) خاموش خواهد شد.

(2) پیچ کمر بند (جزء شماره 8) را تا حدی شل نمائید که محفظه آسیا (جزء شماره 5) بتواند براحتی حول محور آسیا چرخش نماید.

(3) محفظه آسیا را حول محور آسیا (جزء شماره 11) چرخانده تا قسمت ورودی محفظه بر روی جداره جانبی رو به بالا قرار بگیرد.

(4) پیچ کمر بند را به اندازه کافی سفت کنید تا محفظه آسیا در موقعیت ایجاد شده در مرحله (3) ثابت شود.

(5) به کمک یک قیف گلوله ها و مواد را به داخل محفظه آسیا انتقال دهید.

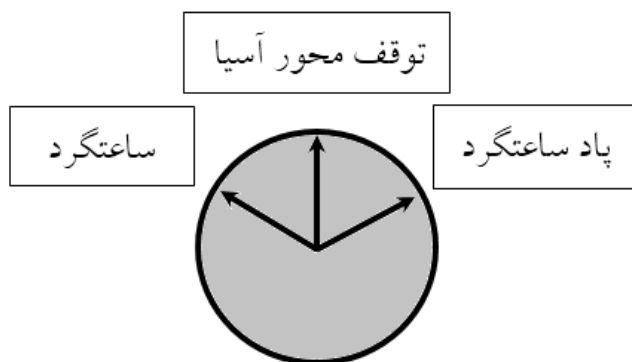
(6) قسمت رزوه دار درب آسیا (جزء شماره 6) را ابتدا با نوار تفلن پوشیده و سپس درب آسیا را به آرامی با دست محکم ببندید.

5-3- آسیاکاری تحت شرایط معین و برنامه مشخص

در این مرحله سرعت آسیا و جهت چرخش محور آسیا تنظیم میگردد. برای تنظیم اتمسفر آسیا کاری لازم است تا از درب مخصوص تنظیم اتمسفر آسیاکاری که مجهز به شیرهای ورود و خروج است به جای درب معمولی استفاده شود. به طور کلی تنظیم اتمسفر قبل از تنظیم سرعت آسیا و جهت چرخش محور آسیا صورت میگیرد. در خصوص تنظیم اتمسفر در قسمت پایانی صحبت خواهد شد در این قسمت درباره نحوه تنظیم سرعت و جهت چرخش محور آسیا مطالب مورد نیاز بیان میشود :

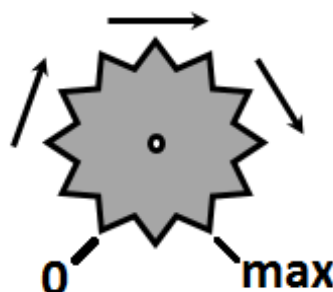
(1) جهت تنظیم نحوه دوران محور آسیا از عقربه جهت (جزء شماره 4) باید استفاده کنید. در شکل (3)

نحوه تنظیم عقربه جهت نشان داده شده است.



شکل (3) : نحوه تنظیم جهت چرخش محور آسیا توسط عقربه جهت

(2) جهت تنظیم سرعت آسیاکاری از پیچ ولوم (جزء شماره 3) باید استفاده شود. جهت افزایش سرعت آسیاکاری لازم است تا پیچ مورد نظر در جهت عقربه های ساعت چرخانده شود. در شکل (4) جزئیات مربوطه به تصویر کشیده شده است.

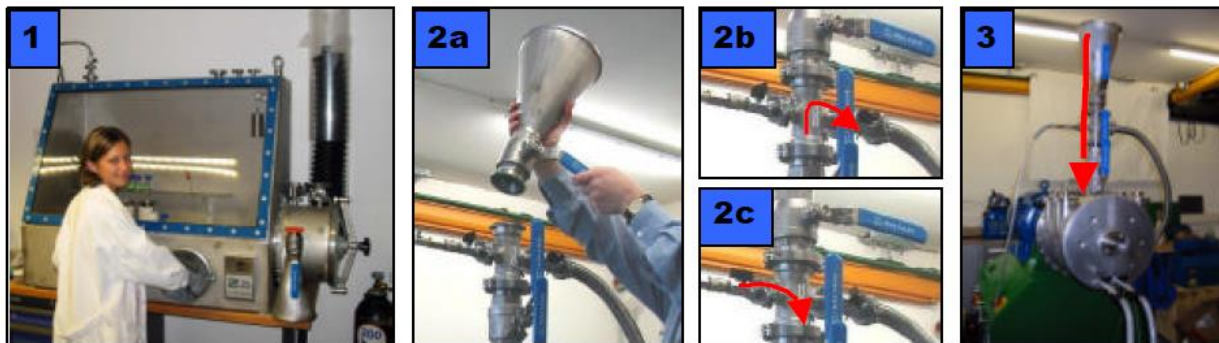


شکل (4) : طرحواره پیچ ولوم جهت تنظیم سرعت آسیاکاری (پیکانها جهت افزایش سرعت را نشان میدهند).

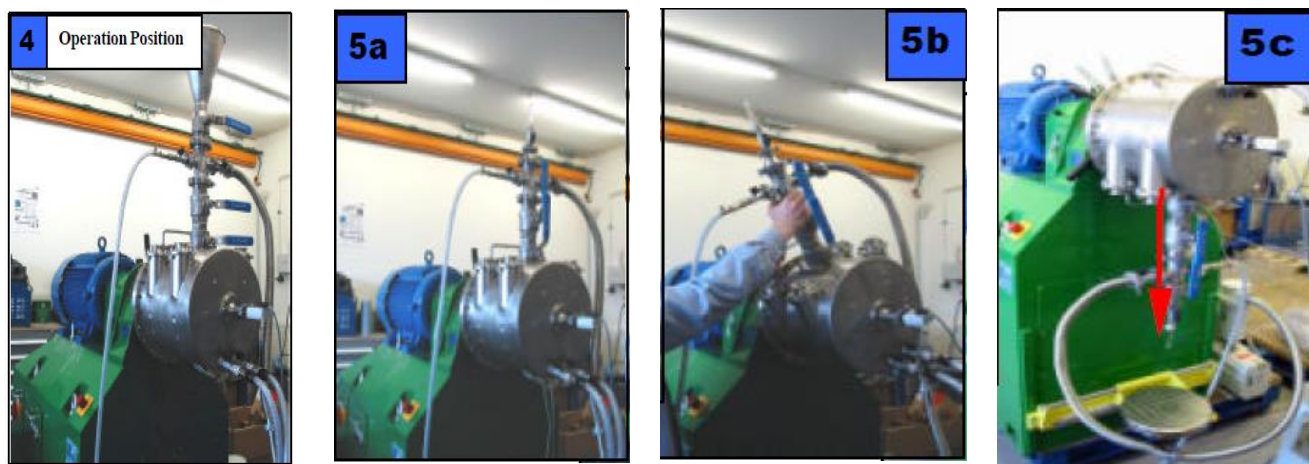
(3) پس از تنظیم سرعت آسیا و جهت دوران محور آسیا با فشردن کلید سیاه موجود روی کلید برق دستگاه (جزء شماره 2) عملیات آسیاکاری شروع خواهد شد.

❖ نکته مهم : دقت نمایید که برای شروع آسیاکاری عقربه جهت باید بر روی یکی از حالت های ساعتگرد یا پادساعتگرد قرار داده شود و همچنین پیچ ولوم دستگاه نیز نباید بر روی مقدار صفر تنظیم شده باشد.

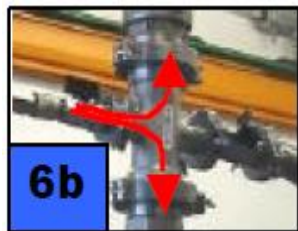
در زیر جزئیات و تصاویر مربوط به مراحل آسیاکاری تحت محیط خلأ و خنثی در حالت تکباری (Batch) نشان داده شده است.



انتقال مواد اولیه به درون محفظه آسیاب	خلأ کردن محفظه آسیاکاری و قفل هوا	اتصال ظرف شیردار حاوی مواد به قسمت شارژ	ریختن مواد اولیه به درون ظرف شیردار (valve-container) در درون جعبه محافظ
	(2b) و تزریق گاز خنثی (2c)		



تخلیه ماده تحت خلأ یا محیط خنثی جهت نمونه برداری	چرخش محفظه آسیاب از وضعیت شارژ به وضعیت تخلیه مواد	جدا کردن ظرف شیردار خالی و وصل کردن نمونه بردار و ایجاد خلأ	آسیاکاری تحت خلأ یا محیط خنثی
--	--	---	-------------------------------



تخلیه
جدا کردن ظرف شیردار از قسمت
تخلیه مواد آسیاکاری شده تحت
تزریق مجدد گاز خنثی به داخل
قفل هوا و ظرف شیردار
اتصال ظرف شیردار جدید به
قسمت تخلیه و ایجاد خلأ

5-4- تخلیه مواد آسیاکاری شده

(1) در نخستین مرحله لازم است تا از غیر فعال بودن آسیا اطمینان کامل حاصل شود. بدین منظور دو راهکار وجود دارد :

(الف) کابل اتصال برق دستگاه را از پریز برق جدا کنید.

(ب) کلید قرمز روی کلید شماره 2 را فشار داده تا ارتباط الکتریکی الکتروموتور و درایور قطع گردد. دقت شود در صورتی که این عمل بدرستی صورت گیرد، چراغ وضعیت (جزء شماره 1) خاموش خواهد شد.

(2) پیچ کمر بند (جزء شماره 8) را تا حدی شل نمایید که محفظه آسیا (جزء شماره 5) بتواند براحتی حول محور آسیا چرخش نماید.

(3) محفظه آسیا را به اندازه 180 درجه بچرخانید.

(4) ظرف مناسبی را جهت خالی نمودن محتویات آسیا در زیر محفظه آسیا قرار دهید.

(5) به منظور تخلیه گلوله ها و مواد داخل محفظه درب آسیا (جزء شماره 6) را به آرامی باز نمایید.

(6) به منظور تخلیه سریعتر و آسانتر بهتر است در حین تخلیه محور آسیا (جزء شماره 11) را به صورت دستی بچرخانید برای چرخش محور میتوانید از کوپلینگ (جزء شماره 12) استفاده کنید.

6- مشخصات فنی دستگاه

1.5 Kw, one phase	توان	(1)
Max. 1400 rpm	سرعت	(2)
Max 2 lit	حجم محفظه	(3)
Max 100 g	جرم مواد	(4)
20 to 100 ° C - در صورت اضافه کردن سیستم خنک کننده	دمای کاری	(5)
10 ⁻⁴ mbar to 2 bar در صورت اضافه کردن تجهیزات مربوطه	فشار کاری	(6)
پیوسته	نحوه کارکرد	(7)
400×750×1000 mm	ابعاد دستگاه	(8)
150 kg	وزن دستگاه (Base Unit)	(9)
20 kg	وزن محفظه آسیاب	(10)
گاز خنثی، خلأ و گاز فعال	اتمسفر آسیاکاری	(11)
درایور	سیستم کنترل الکترونیکی	(12)

ویژگی‌های سخت‌افزاری : ظرف مناسب برای بارگذاری و تخلیه مواد، محفظه آسیای دوجداره و گلوله‌های

آسیا از جنسهای مختلف آلومینا و 100Cr6

ویژگی‌های نرم‌افزاری : کنترل سرعت و جهت چرخش محور آسیا

قابلیت‌ها و کارایی : قابلیت تعویض محفظه و محور همزن آسیاب، آسیاکاری در اتمسفرهای خنثی، خلأ و

فعال، آسیاکاری یکنواخت، آسیاکاری انواع مواد و بنابراین تولید انواع محصولات،

شرایط و امکانات مورد نیاز دستگاه : برق تک فاز با ولتاژ 220 ولت، فضای مناسب (عاری از گرد و غبار)

برای نصب دستگاه، حداقل فضای 2 متر مربعی (140 cm × 140 cm) برای نصب دستگاه