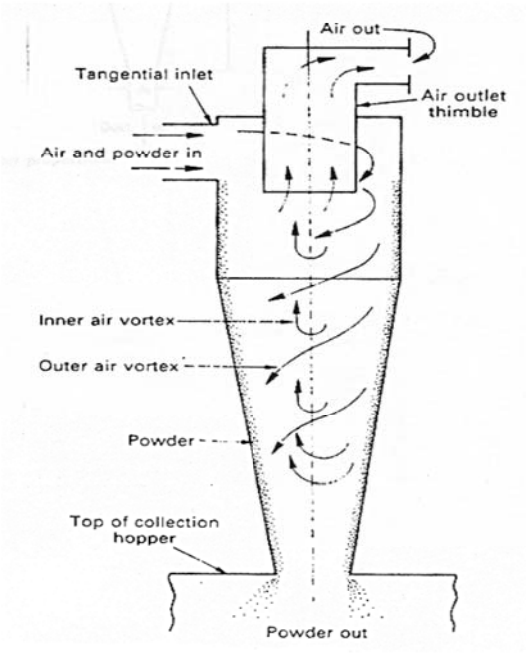
اویل ایندااستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE

جدا کننده‌هاي سيكلوني
Cyclones

14-1- شرح و توصيف

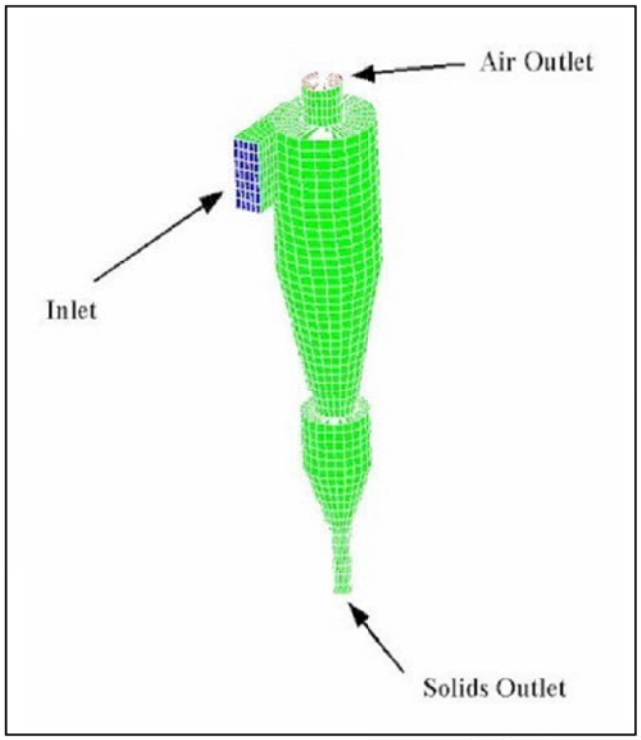
يكي از وسايلي كه در جداسازي ذرات جامد از فاز گاز مورد استفاده قرار مي‌گيرد، سيكلون‌ها هستند. در اين دستگاه‌ها جريان گاز همراه با ذرات ريز جامد وارد يك محفظه استوانه‌اي يا مخروطي شكل مي‌شود.

با توجه به ديواره استوانه‌اي سيكلون، جريان مواد با يك حركت گردباد مانند به سمت پايين سيكلون حركت مي‌كند. با توجه به اينكه نيروي اينرسي وارد شده بر ذرات جامد، از نيروي اينرسي وارد شده بر فاز گاز بيشتر است، اين ذرات مماس بر ديواره ظرف به سمت پايين محفظه هدايت مي‌شوند. در قسمت پايين محفظه نيز فضايي براي جمع شدن اين ذرات جامد تعبيه شده است كه به صورت ناپيوسته يا پيوسته اين ذرات از محفظه خارج مي‌شوند اين مورد در شكل 1-14 مشاهده مي‌شود.



شكل 1-14- مسير حركت مواد در سيكلون

اساس جداسازي اين ذرات از توده جريان گاز به اين صورت است كه نيروي اينرسي وارد شده بر ذرات جامد در سيكلون‌ها، چندين برابر نيروي اينرسي وارد شده بر فاز گاز مي‌باشد و لذا اين ذرات از كناره‌هاي محفظه سيكلون به پايين محفظه هدايت مي‌شوند. ولي فاز گاز تحت تاثير نيروي كمتري قرار مي‌گيرد و از نقاط فوقاني ذرات جامد، به سمت پايين محفظه مي‌رود. در قسمت مركزي سيكلونها، معمولاً از يك استوانه نسبتاً قطور براي خروج گاز استفاده مي‌شود. اين لوله در وسط سيكلون تعبيه شده و از ذرات جامد كه در اثر نيروي اينرسي وارد شده، در كناره‌هاي سيكلون قرار دارند فاصله دارد. به اين ترتيب اكثر ذرات جامد ورودي از جريان گاز جدا مي‌شوند.

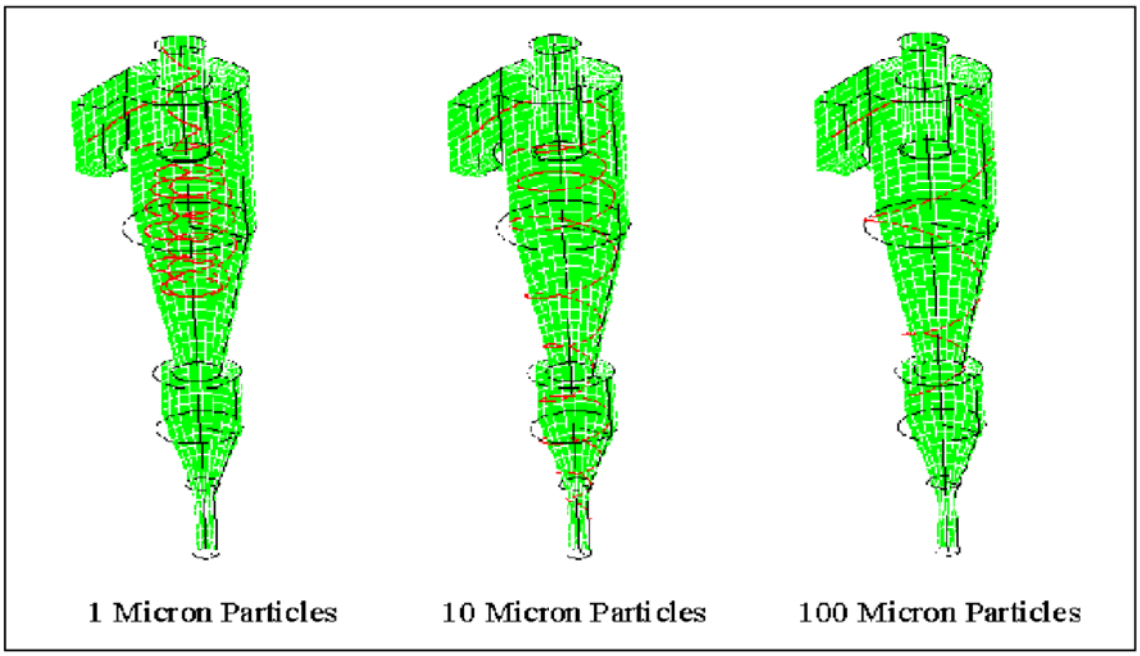


شكل 14-2- سه جريان اصلي ورودي و خروجيكه در اكثر سيكلونها مشاهده مي‌شود

يك سيكلون در حقيقت يك محفظه ته‌نشين سازي است كه شتاب جاذبه با شتاب سانتريفوژي جايگزين شده است. مقدار نسبت شتاب سانتريفوژي به شتاب جاذبه، بستگي به قطر سيكلون دارد. براي سيكلونهاي استوانه‌اي با قطرهاي خيلي بزرگ شتاب سانتريفوژ در حدود 5 برابر شتاب جاذبه است و در مورد سيكلونهاي استوانه‌اي با قطر كوچك شتاب سانتريفوژي در حدود 2000 برابر بزرگتر از شتاب جاذبه مي‌باشد. نيروي وارد شده بر ذرات بزرگتر مقدار بيشتري مي‌باشد و لذا ذرات بزرگتر با چرخش كمتري در
سيكلون به پايين سيكلون مي‌رسند. اين مورد در شكل 14-3 مشاهده مي‌شود.

14-2- انواع سيكلونها

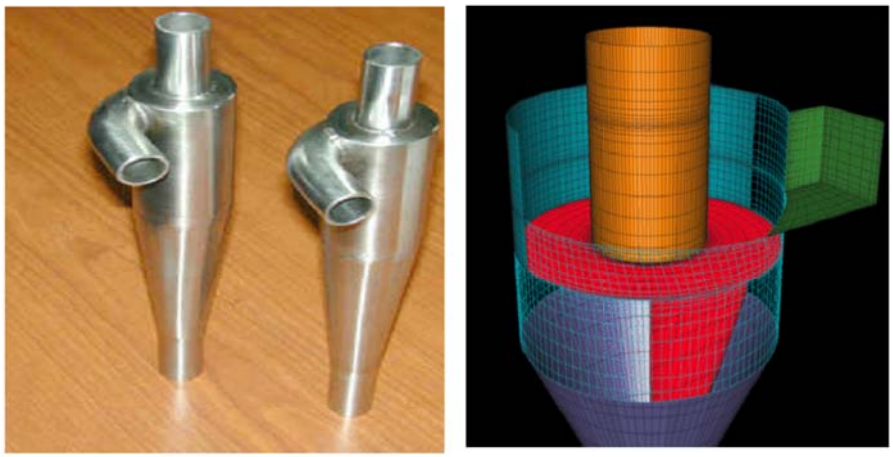
سيكلون‌ها را مي‌توان از ديدگاه‌هاي مختلفي مورد تقسيم‌بندي قرار داد. در اين قسمت ابتدا پس از بحث روي موارد
شاخص سيكلونها كه سيكلونها را با آن دسته‌بندي مي‌كنند به چند نوع مهم از سيكلونها پرداخته مي‌شود. يكي از اين موارد مقطع ورودي به سيكلونها است. مقطع ورودي به سيكلونها معمولاً به شكل مستطيل يا دايره ساخته مي‌شود.در بعضي موارد نيز با توجه به نوع فرآيند، از سيكلونهايي با مقطع ورودي بيضي شكل نيز استفاده مي‌شود. در شكل 14-4، دو نوع از سطح مقطع ورودي سيكلونها نشان داده شده است.



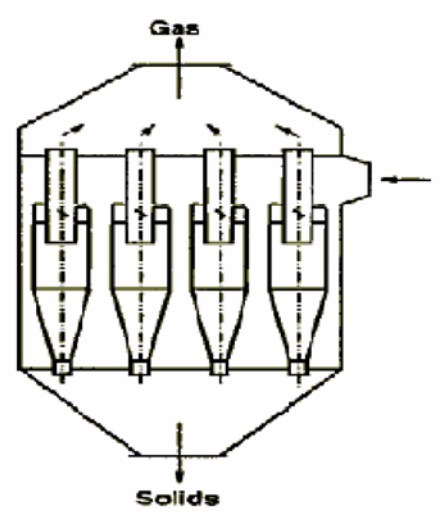
شکل 14- 3- چگونگی حرکت ذرات با قطرهای مختلف در سیکلونها

هرچه مقطع ورودي سيكلونهاكوچكتر باشد، ذرات ريز ساده‌تر مي‌توانند از جريان گاز جدا شوند. اما با اين كار ظرفيت سيكلونها كاهش مي‌يابد. در چنين مواردي كه نياز است ذرات ريز از جريان گاز جدا شوند بايد از تعداد زيادي سيكلون كه به صورت موازي در داخل يك Box قرار گرفته‌اند استفاده شود. با اين كار ظرفيت عملياتي سيكلونها كه به واسطه كاهش سطح مقطع ورودي سيكلون، كاهش يافته است، افزايش مي‌يابد. اين مورد در شكل 14-5 نشان داده شده‌است.

در مورد سيكلونهاي موازي بايد به تعداد اين سيكلونها، راندمان جداسازي، هزينه ساخت، هزينه عملياتي و مقايسه اين سيكلونها با ساير وسايل جداكننده گاز-جامد توجه كرد. زيرا در بعضي از موارد استفاده از Multi Cyclone ها مقرون به صرفه نمي‌باشد.



شکل 14-4- انواع سطح مقطع ورودی سیکلونها



شكل 14-5- چند سيكلون كه به صورت موازي در يك جعبه قرار گرفته‌اند

تا به حال سيكلونها را از نظر مقطع ورودي جريان گاز و جامد به داخل محفظه سيكلون و از نظر اينكه به تنهايي كار مي‌كنند و يا در يك Box ديگر به صورت Multi Cyclone كار مي‌كنند بررسي نموديم. سيكلونها را از نظر چگونگي قرار گرفتن Blower يا كمپرسور (يا به طور كلي، دمنده) نسبت به سيكلون نيز به دو دسته تقسيم‌بندي مي‌كنند.

1-سيستمهايي كه دمنده قبل از سيكلون قرار دارد.
2- سيستمهايي كه دمنده بعد از سيكلون قرار دارد.

شكل 14-5- در اين شكل، دمنده بعد از سيكلون قرار گرفته است

همانطور كه مي‌دانيم، حركت مواد در داخل سيكلون با افت فشار همراه مي‌باشد. اين افت فشار معمولاً توسط يك كمپرسور يا Blower تامين مي‌شود.

نحوه قرار گرفتن اين دمنده به ويژگيهاي فاز گاز و جامد در جريان ورودي به سيكلون بستگي دارد. مثلاً در حالتيكه ذرات ورودي در جريان گاز روي پره‌هاي دمنده اثر منفي داشته باشند، باعث تخريب پره‌هاي دمنده مي‌شوند. به اين ترتيب در اين موارد سيكلون را قبل از دمنده قرار مي‌دهند تا ذرات جامد در سيكلون از فاز گاز خارج شوند و به پره‌هاي Blower برخورد نكنند. لازم به ذكر است كه در اين مورد، Blower كار مكش فاز گاز را از داخل سيكلون به بيرون انجام مي‌دهد. لازم به ذكر است كه در اكثر موارد، دمنده را بعد از سيكلون قرار ميدهند. زيرا وجود ذرات جامد در جريان ورودي به سيكلون، روي دمنده اثر منفي مي‌گذارد.

حال به طور خلاصه انواع دسته‌بندي سيكلونها را در زير مي‌آوريم:

الف)دسته‌بندي سيكلونها از نظر مقطع ورودي جريان گاز:

1- مقطع ورودي مستطيلي

2- مقطع ورودي دايره‌اي

3- مقطع ورودي به شكل خاص در موارد لزوم

ب)دسته‌بندي سيكلونها از نظر تعداد در حال كار

1- سيكلونهاي منفرد

2- سيكلونهاي چندتايي

ج) دسته‌بندي سيكلونها از نظر چگونگي قرار گرفتن عامل تامين افت فشار نسبت به سيكلون

1- سيكلونهايي كه دمنده قبل از آنها قرار دارد

2- سيكلونهايي كه دمنده بعد آنها قرار دارد.

14-3- موارد كاربرد سيكلونها

همانطوريكه به طور مختصر بيان شد، از سيكلونها براي جدا كردن جامدات ريز موجود در گاز استفاده مي‌شود. در اينجا بايد به اين نكته توجه كرد كه تنها اين وسايل نيستند كه براي جدا كردن ذرات جامد از فاز گاز مورد استفاده قرار مي‌گيرند. بلكه سيكلون‌ها با صافي‌ها، فيلترها، جداسازي‌هاي الكترواستاتيكي و جداسازهاي ته‌نشين كننده در حال رقابت هستند. اما در مقايسه با ساير جداكننده‌هاي گاز-جامد سيكلونها از لحاظ هزينه ساخت و هزينه عمليات داراي هزينه كمتري مي‌باشند. همانطوري كه در شكلهاي اين وسايل نيز مشاهده مي‌شود، نحوه ساخت اين وسايل از پيچيدگيهاي خاصي برخوردار نمي‌باشد. درشكلهاي 14-6 و14-7، چند نمونه سيكلون صنعتي و آزمايشگاهي نشان داده شده است.

در جريان‌هاي گاز- جامد كه قطر ذرات جامد از5mμ كوچكتر است، راندمان جداسازي سيكلونها مقدار كمي مي‌باشد ولي اگر ذرات جامد تمايل بهم چسبيدن را دارا باشند، مي‌توان ذرات با قطر3mμ را نيز با استفاده از سيكلونها از جريان گاز جدا كرد. يكي ديگر از موارد كاربرد سيكلونها، توانايي عملياتي اين دستگاهها در فشار و دماهاي بالا مي‌باشد. با توجه به كارايي و مقاومت مواد موجود در سيكلونها، اين دستگاهها در دماي حدود 1000 درجه سانتي‌گراد و فشاري در حدود atm(50700Kpas500) نيز استفاده مي‌شود. همانطوريكه با توجه به شكل اين دستگاهها مشخص است، دما و فشار پايين و ايجاد خلاء در

سيستم نيزمشكلي روي كار سيكلون ايجاد نمي‌كند. به اين ترتيب، اين وسايل در دامنه وسيعي از دما و فشار، قابل استفاده هستند.

شكل 14-6- چند نمونه سيكلون صنعتي

شكل 14-7- چند نمونه سيكلون آزمايشگاهي

در مورد كاربرد سيكلونها، يكي از مسائلي كه مطرح مي‌شود قطر برش (Cut diameter) است. به طور كلي هر وسيله جداكننده ذرات جامد از جريان گاز، داراي قطر برش مي‌باشد. منظور از قطر برش اين است كه ذراتي كه قطر آنها از قطر برش (D_{cut}) بزرگتر هستند از وسيله مورد نظر عبور نمي‌كنند و به اين وسيله از جريان گاز جدا مي‌شوند. البته در بعضي از موارد به طور قاطع، از D_{cut} به عنوان قطر برش استفاده نمي‌شود و تنها كسري از مواد جامد با قطري بزرگتر از D_{cut} از

وسيله جداكننده عبور نمي‌كنند. لازم به ذكر است كه قطر برش در مورد همه وسايل جداكننده گاز-جامد مورد استفاده قرار مي‌گيرند. تعيين دقيق مقدار قطر برش با رسم نمودار حاصل از بررسي توزيع ذرات موجود در گاز خروجي از سيكلون بر حسب قطر ذرات ورودي به سيكلون، قابل محاسبه است.

14-4- عيوب و موارد عدم مطلوب بودن سيكلونها

يكي از عيوبي كه سيكلونها با آن مواجه هستند، در مورد وجود ذرات ريز در فاز گاز ورودي به سيكلون است. در اين موارد ديگر نمي‌توان از اين وسايل استفاده كرد و بايد از وسيله مناسب ديگري سود جست. دليل نامناسب بودن سيكلون در مورد ذرات ريز (كوچكتر از $5\mu m$) به خاطر عدم كافي بودن نيروي سانتريفوژي براي جداسازي ذرات جامد از گاز است. زيرا در مورد ذرات بسيار ريز نيروي اينرسي وارد شده بر ذرات جامد بسيار كم است.

يكي ديگر از مواردي كه باعث پايين آمدن راندمان دستگاه مي‌شود، افزايش دبي ورودي به سيكلون است. قطر برش ذكر شده در قسمت قبل در مورد حالتي كه دستگاه با دبي مناسب در حال كار است به دست مي‌آيد واگر شدت جريان فاز گاز و جامد ورودي به سيكلون افزايش يابد به همين ترتيب باعث كاهش راندمان دستگاه مي‌شود. در مواردي كه نياز به جداسازي مقدار زيادي از فاز گاز- جامد داريم بايد به جاي يك سيكلون از تعداد زيادي سيكلون كه به صورت موازي (Multi Cyclone) قرار گرفته‌اند استفاده كنيم.

در مواردي كه ذرات جامد موجود در فاز گاز، ذرات بارداري هستند استفاده از جداسازهاي الكترواستاتيكي بر سيكلونها ترجيح داده مي‌شوند. زيرا در اين مورد راندمان جداسازهاي الكترواستاتيكي نسبت به سيكلون‌ها بسيار بيشتر است.

يكي از مواردي كه به شدت روي راندمان دستگاههاي جداساز سيكلوني تاثير مي‌گذارند، ميزان افت فشار موجود در اين دستگاهها مي‌باشد. براي آشنا شدن با اين موضوع عوامل ايجاد كننده افت فشار در سيكلونها و دلايل آنها را مورد بحث قرار مي‌دهيم. عوامل ايجاد كننده افت فشار در سيكلونها از قرار زيرند:

1-افت فشار در اثر انقباض ورودي(Inlet Contraction): اين افت فشار در اثر كم شدن مساحت ورودي فاز جامد و گاز به داخل سيكلون ايجاد مي‌شود و مقدار آن نيز با توجه به نوع مقطع ورودي تغيير مي‌كند.

2-شتاب ذرات جامد: ذرات جامد موجود در فاز گاز در اثر ورود به سيكلون شتاب بيشتري مي‌گيرند و به اين ترتيب ميزان افت فشار افزايش مي‌يابد.

3-اصطكاك ديواره سيكلون: اصطكاك بين جريان گاز و ديواره جامد باعث افزايش افت فشار در سيكلون مي‌شود. لازم به ذكر است كه با افزايش سرعت ورودي مواد به سيكلون، اين افت فشار به شدت افزايش مي‌يابد.

4-افت فشار به خاطر چرخش گاز در سيكلون

5-افت فشار به خاطر انقباض نهايي جريان گاز براي ورود به لوله خروجي گاز خالص شده.