

هیدروسیکلون‌ها

برگردان از:

دکتر علی اکبر رحمانی

انتشارات سایه گستر

۱۳۸۴

Svarovsky, Ladislav

اسواروسکی، لادیسلاو

هیدروسیکلون‌ها / [لادیسلاو. اسواروسکی]؛ برگردان از علی اکبر رحمانی. —
قزوین: سایه گستر، ۱۳۸۴.

۲۷۷ ص.

ISBN: 964 - 502 - 024 - 7

Hydrocyclones, c1992.

عنوان اصلی:

فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیبا.

۱. هیدروسیکلون‌ها. الف. رحمانی، علی اکبر، ۱۳۳۱، مترجم. ب. عنوان.

۶۲۱/۹۹

۹ هـ الف / TJ ۱۵۴۰

۱۳۸۴

۷۷۲۹ - ۸۴ م

کتابخانه ملی ایران



نام کتاب: هیدروسیکلون‌ها

برگردان از: دکتر علی اکبر رحمانی

ویراستار ادبی: سرکار خانم دکتر مریم سرخوش

تایپ و صفحه‌آرایی: رختمون مینودر

نوبت چاپ: اول ۱۳۸۴

لینتوگرافی: سعیدی - قم

چاپ: زیتون - قم

شابک: ۷ - ۲۴ - ۵۰۲ - ۹۶۴

قیمت: ۳۰۰۰۰ ریال

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

انتشارات سایه گستر - قزوین، خیابان بوعلی، روبروی بیمارستان بوعلی، پلاک ۳۱۰

تلفن: ۰۲۸۱ - ۲۲۳۵۳۰۵

گرایش به هیدروسیکلون‌ها، مخصوصاً در مهندسی شیمی و صنعت نفت، به وجود آمده است که به چندین عامل بستگی دارد:

۱- اطلاعات مفیدی در مورد سودمند بودن هیدروسیکلون‌ها در کاربردهای خارج از کانه‌آرایی در مهندسی شیمی و دیگر شاخه‌های مهندسی کسب شده است. کاربردهای قدیمی هیدروسیکلون‌ها در کانه‌آرایی به همراه واژه‌شناسی تخصصی، مسائل خاص آن صنعت و نوع مقالاتی که اطلاعات مربوط به هیدروسیکلون‌ها را چاپ می‌کنند، تشخیص هیدروسیکلون‌ها را برای مهندسين شیمی، به عنوان یک وسیله‌ی عمومی، که برای صنعت شیمیایی نیز مفید می‌باشد، مشکل نموده است. علاوه براین، هنوز در رشته‌ی مهندسی شیمی، برخی مراکز علمی نه تنها مطالب بسیار کمی در باره‌ی هیدروسیکلون‌ها ارائه نموده بلکه به اصول طراحی و ویژگی‌های کارایی هیدروسیکلون‌ها هم اشاره‌ای نمی‌نمایند. اخیراً ارتباطی بین هیدرومتالورژی و جدایش جامد برقرار شده است.

۲- احیاء مقوله‌ی هیدروسیکلون ضرورت جدیدی است که در صنعت نفت، مخصوصاً در دریای شمال، به وجود آمده است. صنعت نفت برای جداکردن گاز، ماسه یا آب از نفت یا ترجیحاً تمام این مواد از هم‌دیگر در مرحله‌ی جداسازی، به یک دستگاه کوچک، قابل اطمینان و ساده احتیاج دارد و به نظر می‌رسد هیدروسیکلون‌ها قدرت انجام این کار را داشته باشند و گفتنی است که علاقه به هیدروسیکلون‌ها در این زمینه رو به افزایش است.

۳- توسعه‌ی روزافزون هیدروسیکلون و افزایش درک عمومی از آن‌ها موجب شده است که امروزه این دستگاه‌ها بیشتر از آنچه که چندین دهه قبل انجام می‌دادند کارایی داشته باشند.

این کتاب حاصل آموزش دوره‌های آموزشی کوتاه مدت در مورد هیدروسیکلون‌ها بوده است. من دوره‌های کوتاه مدت در باره‌ی هیدروسیکلون‌ها را با بورس انستیتوی مهندسی شیمی، مهندسی سیالات BHRA و مرکزپیشرفت‌های

تخصّصی که در بریتانیا، هلند و امریکا برگزار شده است ارائه نموده‌ام، بنابراین از انستیتوهایی که در بالا به آن اشاره شد سپاسگزاری می‌نمایم.

تا آن جا که من اطلاع دارم از سال ۱۹۶۰ تاکنون کتابی در باره‌ی هیدروسیکلون‌ها نوشته نشده است. در مدّت ۶ سال بعد از ۱۹۶۰ چهار کتاب در باره‌ی هیدروسیکلون‌ها، دو کتاب به زبان روسی، یک کتاب به زبان چک و یک کتاب هم به زبان انگلیسی، به چاپ رسیدند [۱ تا ۴]. از میان کتاب‌های فوق کتابی که به زبان انگلیسی، توسط آقای بردلی^۱ به چاپ رسید بدون شک بیشترین اثر را داشت و از آن زمان تاکنون به عنوان کتاب مرجع در مورد هیدروسیکلون‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. از سال ۱۹۶۰ تاکنون مطالب زیادی درباره‌ی هیدروسیکلون‌ها به رشته‌ی تحریر درآمده است و این کتاب سعی می‌کند آن‌ها را به هم دیگر مرتبط نماید.

هدف من این نبود که کتاب آقای بردلی یا هر کدام از سه کتاب دیگر را (اگر چه آن‌ها مدّت زیادی است که چاپ نشده) جایگزین نمایم، بلکه سعی می‌کنم آن‌ها را با تمرکز بر اطلاعاتی که در دهه‌ی گذشته گسترش یافته است، تکمیل نمایم. به طور کاملاً طبیعی، درک ما از هیدروسیکلون از آن زمان تا به حال به طور چشم‌گیری پیشرفت کرده است و این کتاب می‌تواند به یک شیوه‌ی بهتری، بیشتر به صورت یک کتاب درسی تا به صورت یک گزارش در باره‌ی هر کدام از تحقیقاتی که در باره‌ی هیدروسیکلون‌ها انجام گرفته است، نوشته شود و به عنوان یک کتاب درسی، به خود متکی باشد. کتاب با فصل‌هایی در باره‌ی اصول اصلی اندرکنش ذره - سیال و مفهوم بازدهی ابعادی^۲، که هر دو موضوع برای درک بقیه‌ی کتاب مهم تلقی شده است، شروع می‌گردد.

این کتاب بر این مبنا استوار است که توازنی بین تئوری اصلی اساسی و جوانب عملی طراحی، عملیات، نصب، انتخاب، افزایش مقیاس^۳ و کاربردهای ویژه‌ی هیدروسیکلون برقرار نماید. به طور خلاصه، هدف کتاب، ارائه‌ی آخرین اطلاعات در

باره‌ی اصول و کاربردهای صنعتی تکنولوژی هیدروسیکلون می‌باشد و اطلاعات پراکنده‌ی موجود را در مورد کانه‌آرایی، مهندس شیمی و تصفیه‌ی آب به هم مرتبط می‌سازد.

ده فصل از این کتاب به تکنولوژی هیدروسیکلون اختصاص داده شده است به طوری که خواننده می‌تواند به هر فصلی که در نظر دارد، مستقیماً مراجعه کند. بنابراین به طور مثال، خواننده‌ای که علاقه‌مند به طراحی و افزایش مقیاس باشد می‌تواند به فصل‌های ۷ و ۸ مراجعه نماید، کسانی که تمایل دارند سیکلون‌ها را آزمایش کنند، می‌توانند فصل‌های ۲ و ۶ را مطالعه نمایند، افراد علاقه‌مند به اصول هیدروسیکلون لازم است فصل‌های ۱، ۳ و ۴ را از نظر بگذرانند، و خوانندگانی که در جستجوی اطلاعات عمومی در باره‌ی اصول، انواع سیکلون‌ها و کاربرد آن‌ها هستند برای دستیابی به اکثر موارد مورد نیاز باید به فصل‌های ۵، ۳ و ۱۰ مراجعه کنند.

انتظار می‌رود که این کتاب برای دانشجویان مهندسی و فنی در مقطع کاردانی، کارشناسی ارشد، علاقه‌مندان به جدایش جامد از جامد و در صنایعی که این وسیله کاربرد دارد و هم چنین برای سازندگان وسیله‌ای که در عملیات مشابه تخصصی دارند، مفید باشد. مناسب‌ترین دوره‌ها عبارتند از: مهندسی شیمی، مهندسی فرایند، مهندسی کانه‌آرایی و فرایند، تکنولوژی سوخت، پتروشیمی، و متالورژی. هم‌چنین این کتاب می‌تواند به عنوان کتاب آموزشی یا کتاب مورد علاقه و مناسب در بعضی از دوره‌های تخصصی دیگر مورد استفاده قرار گیرد.

صنایع مدنظر شامل کانه‌آرایی، مهندسی معدن، شیمی، پتروشیمی، تولید نفت، تولید برق، تصفیه‌ی فاضلاب و پساب‌ها، صنعت تغذیه، داروسازی، نساجی و مواد رنگرزی، هیدرومتالورژی و هرگونه صنعتی که با گِلاب‌های حاوی ذرات سر و کار دارد، می‌باشند. علاقه‌مندان به مطالعه در صنعت عمومی ممکن است شامل مهندسین فرایند، مدیران کارخانجات، مهندسین کنترل کیفیت، کارمندان شاغل در تحقیق و توسعه‌ی تولید و تکسین‌های در حال آموزش باشند.

مسیر آشنایی من به هیدروسیکلون‌ها از طریق تصفیه‌ی گاز در اوایل کار در پراگ، و سپس از طریق جدایش جامد از مایع در دانشگاه بردفورد (انگلستان) بود. گسترش علاقه‌ی من از سیکلون گازی به هیدروسیکلون یک انتقال طبیعی بود. تحقیق در این باب از سال ۱۹۷۴، هنگامی که اولین هیدروسیکلون تجاری را خریداری کردم، آغاز شد و از آن زمان تا کنون من هیدروسیکلون‌های مختلفی را که به وسیله‌ی سازندگان آن‌ها هدیه شده است آزمایش کرده‌ام.

اصول و طراحی اساسی هیدروسیکلون‌های رایج بیش از ۱۰۰ سال قدمت دارد (اولین بار در سال ۱۸۹۱ به ثبت رسید [۵])، ولی بعد از جنگ جهانی دوم در صنعت کاربرد قابل توجهی یافتند. این دستگاه‌ها نخست، در کانه‌آرایی و معدن‌کاری مورد استفاده قرار گرفتند ولی اخیراً در صنایع شیمیایی، پتروشیمی، تولید برق، صنعت نساجی، صنعت فلزکاری و بسیاری صنایع دیگر به خوبی پذیرفته شده‌اند^۱ و کاربرد آن‌ها در حال گسترش است. کاربرد هیدروسیکلون‌ها در صنعت (به فصل ۱۰ جهت اطلاعات بیشتر و حالت‌های مشخص مراجعه شود) به چندین طبقه‌ی وسیع برای جدایش دو فازی که مایع فاز واسطه‌ی تعلیق می‌باشد، تقسیم‌بندی می‌شوند. موارد کاربرد هیدروسیکلون عبارتند از: تصفیه‌ی مایع، تغلیظ گلاب، شستشوی جامدات، گاززدایی مایعات، طبقه‌بندی جامدات یا سنگجوری با توجه به چگالی یا شکل ذره. هیدروسیکلون‌هایی که برای اهداف خاصی طراحی شده‌اند، می‌توانند به طور موفقیت آمیزی برای جدایش دو مایع غیر قابل امتزاج نیز مورد استفاده قرار گیرند. پیشرفت‌های اخیر در این زمینه نشان می‌دهند که چنین سیکلون‌هایی قادرند عملیات زیر را انجام دهند: آب‌گیری نفت‌های سبک و تولید نمونه‌های بسیار غلیظ با یک فاز پراکنده‌ی سبک‌تر.

هر کدام از کاربردهایی که در بالا به آن‌ها اشاره شد نیازها و اهداف مخصوص به خود دارد و به همین دلیل تغییرات در طراحی و عملیات برای هر کدام از سیکلون‌ها، متناسب با یکی از حالات ضروری می‌باشد. بنابراین، هنگامی که کارآیی، طراحی و عملیات هیدروسیکلون‌ها در فصل‌های مختلف این کتاب مورد بحث قرار می‌گیرند، مراجعه به طبقات کاربردهایی که در بالا به آن‌ها اشاره شد لازم است. در اصل به هر حال، هر هیدروسیکلون ذرات فاز پراکنده (معمولاً سنگین) را از مایع (فاز پیوسته) بر مبنای اختلافات چگالی فازها جدا می‌کند و در این حال جدایش به اندازه‌ی ذره بستگی فراوان دارد.

اصول عملیات هیدروسیکلون‌ها به طور کامل در فصل ۳ توضیح داده شده و هم‌چنین در شکل ۱-۳ این اصول نشان داده شده است. هیدروسیکلون یک جداکننده‌ی ثابت بر مبنای جدایش گریز از مرکز در گردابی^۱ که در بدنه‌ی مخروطی - استوانه‌ای سیکلون تولید شده،

استوار است. جریان خوراک (بار اولیه) که معمولاً به طور مماسی وارد سیکلون شده به ته‌ریز^۱ و اکثر جامدات را حمل می‌کند یا حداقل بخش دانه درشت‌تر که هنوز در مقداری مایع معلق می‌باشند و سرریز^۲ که اکثر مایع و بعضی از جامدات دانه‌ریز را داراست تقسیم‌بندی می‌شود. جدایش به اندازه‌ی ذره وابسته است و اندازه‌ی ویژه‌ی جدایش به حد جدایش^۳ که در بخش ۱-۹ مفصل‌تر توضیح داده شده است، مورد استناد قرار می‌گیرد.

قطر سیکلون‌های انفرادی بین $10-20\text{ mm}$ متغیر است. حد جدایش اکثر جامدات بین $250-2\text{ }\mu\text{m}$ متغیر است. دبی (ظرفیت) واحدهای انفرادی در بین $0.1-7200\text{ m}^3\text{hr}^{-1}$ می‌باشد. افت فشارهای عملیاتی بین $6-134\text{ bar}$ تغییر می‌کند. واحدهای کوچک‌تر معمولاً نسبت به واحدهای بزرگ‌تر در فشار بالاتری عمل می‌کنند. غلظت جامدات ته‌ریز که توسط هیدروسیکلون‌ها حاصل می‌شود بندرت از $50-40\%$ حجمی با توجه به اندازه و طراحی واحد، شرایط عملیاتی و ماهیت جامداتی که جدا شده‌اند، فزونی می‌یابد.

مزایای نسبی هیدروسیکلون‌ها به صورت زیر خلاصه می‌شود:

۱. در کاربرد بسیار متنوع می‌باشند به این دلیل که آن‌ها برای صاف کردن مایعات، تغلیظ گلاب‌ها، طبقه‌بندی جامدات، شستشوی جامدات، جداکردن دو مایع غیرقابل امتزاج، گاززدایی مایعات یا جداسازی جامدات با توجه به چگالی و شکل آن‌ها، به کاربرده می‌شوند.
۲. ساده هستند، خرید، نصب و کارکردن و اجرای عملیات با آن‌ها کم هزینه بوده و به نگهداری و حفظ ساختارهای کمی احتیاج دارند.
۳. در مقایسه با دیگر جداکننده‌ها کوچک هستند؛ بنابراین فضای کم‌تری اشغال می‌کنند و زمان توقف کمی دارند که از نظر سرعت کنترل آن‌ها را نسبت به کلاسیفایرهای ته‌نشینی، برتر می‌کند.
۴. وجود نیروهای برشی زیاد در جریان به این دلیل که هرگونه تجمع ذرات^۴ در رفتار با گلاب‌های دگرروانی^۵ پلاستیک بینگهام را می‌شکند، یک مزیت محسوب می‌شود.

^۱-underflow

^۲-overflow

^۳-cut size

^۴-agglomerate

^۵- thixotropic