

ضرورت خرید خارجی جداکننده واسطه سنگین دینامیکی تری فلو (TRI-FLO) همراه با

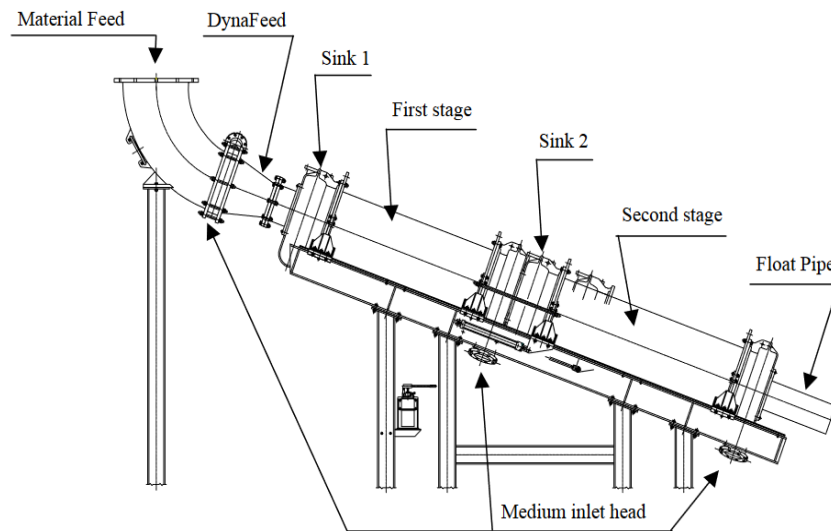
داینافید (DYNAFEED) مدل 700 DMS:

۱-اطلاعات کلی، تشریح دستگاه و فرایند مربوطه

جداکننده‌های گریز از مرکز / ثقلی واسطه سنگین به طور گسترده در صنعت فرآوری مواد معدنی برای طبقه بندی ذرات توسط چگالی و ابعاد مورد استفاده می شود. مقدار زیادی از زغال و مواد معدنی در محدوده وسیعی از ۰/۵ تا ۱۰۰ میلیمتر در جداکننده های دینامیکی از قبیل جداکننده تری فلو تغلیظ می شوند. ذرات با ابعاد، شکل و چگالی های مختلف از یکدیگر به علت نرخ ته نشینی متفاوت در سیال واسطه سنگین که چگالی آن قابل کنترل است، جدا می شوند. صنعت زغال مدت زیادی از شکل های مختلف جدایش ثقلی به عنوان روشی برای کاهش اجزاء غیرآلی غیر قابل احتراق (به طور کلی شیل ها) که همراه با زغال استخراج می شوند و ارزش حرارتی را کاهش می دهند، استفاده می کند. این صنعت از اسپیرال ها، فلوتاسیون و همچنین تجهیزات واسطه سنگین به عنوان وسیله ای برای کنترل مقدار خاکستر محصول استفاده می کند.

زغال خام استخراج شده از معدن شامل ذرات زغالسنگ و مواد باطله (عموماً شیل) می باشد. محصول زغال تمیز تجاری فقط شامل ناخالصی های خیلی پراکنده ای است و دارای محدوده چگالی از ۱/۲ تا ۱/۶ گرم بر سانتیمتر مکعب می باشد. محدوده چگالی شیل زغالدار از ۲ تا ۲/۶ گرم بر سانتیمتر مکعب است و شیل خالص، رس و ماسه سنگ دارای چگالی ۲/۶ گرم بر سانتیمتر مکعب هستند و چگالی پیریت تقریباً ۵ گرم بر سانتیمتر مکعب است. اختلاف در چگالی بین زغال خالص و این ناخالصی ها، در حالت آزاد شده، برای جدایش کامل تقریباً کافی است. بنابراین، مقدار ماده معدنی (ناخالصی) همراه زغال نسبت عکس با ارزش حرارتی آن دارد. جداکننده تری فلو جزء جداکننده های واسطه سنگین گریز از مرکز است که در آنها با ایجاد حرکت دورانی، مواد تحت نیروی گریز از مرکز قرار می گیرند که به مراتب بزرگتر از نیروی ثقل است. بدین ترتیب توسط این تجهیزات می توان مواد دانه ریزتری را به روش واسطه سنگین فرآوری کرد.

جداکننده تری فلو از دو مرحله جدایش استوانه ای واسطه سنگین (دایناویرپول) در یک دستگاه عملیاتی تشکیل شده است. طرحی از یک جداکننده تری فلو در شکل ۱ نشان داده شده است. تری فلو مانند سیکلون واسطه سنگین برای جدایش ماده بارزش از ناخالصی های همراه آن از نیروی گریز از مرکز استفاده می کند، اما شکل و پارامترهای موثر عملیاتی آن با سیکلون واسطه سنگین تفاوت دارد.



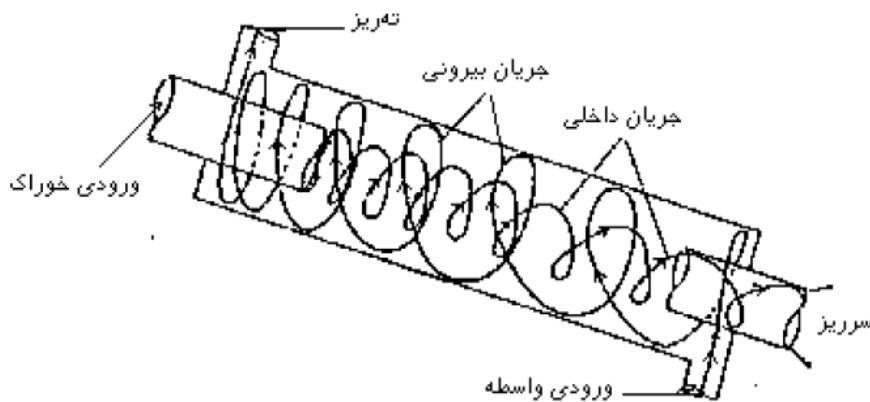
شکل ۱. شماتیکی از جداکننده تری فلو

بدنه استوانه ای جداکننده از دو محفظه استوانه‌ای متوالی با یک محور طولی تشکیل شده است. هر محفظه استوانه‌ای دارای یک ورودی حلزونی واسطه و یک خروجی غرق (باطله) است. خوارک همراه با مقدار کمی از واسطه سنگین در فشار اتمسفر به محفظه اول وارد شده و شناور اولیه و غرق ۱ را تولید می‌کند. شناور اولیه حاصل از مرحله اول به محفظه دوم، در جرم مخصوص پایین تر، وارد می‌شود که منجر به تولید غرق ۲ (میانی) و محصول شناور نهایی (زغال تمیز) می‌شود. به طور کلی عملیات خوراکدهی به جداکننده از طریق جریان ثقلی صورت می‌گیرد. بنابراین، هیچ نیازی به پمپاژ خوراک نیست. می‌توان انرژی و فرسایش پمپ‌ها را کاهش داد. به علاوه، به علت نیاز به سطح مقطع پایین، منجر به صرفه جویی در هزینه و فضا می‌شود. زغال خام در هنگام استفاده از تری فلو، با ابعاد بزرگتری نسبت به سیکلون مخروطی واسطه سنگین وارد جداکننده می‌شود. حداکثر ابعاد برای جداکننده تری فلو برای دستگاه ۷۰۰ میلیمتری برابر ۷۰ میلیمتر است. تری فلو یک جداکننده واسطه سنگین چندمرحله ای است که فناوری ایده آل برای شستشوی مجدد قسمت های دور ریخته شده و شستشوی زغال کم راندمان به شمار می‌آید؛ چون دارای ظرفیت ته نشینی بالا بوده و سه محصول در یک دستگاه تولید می‌کند که چیدمان کارخانه را ساده تر می‌سازد و هزینه‌ها را با راندمان بالا کاهش می‌دهد.

بالا و پایین استوانه های تری فلو توسط صفحات دایره‌ای تختی که در مرکز خود دهانه‌هایی دارند بسته شده است. این استوانه به طور مایل و با زاویه‌ای ۲۵ تا ۴۵ درجه نسبت به افق قرار می‌گیرد. بخش پایینی استوانه (هر مرحله) شامل یک محفظه حلزونی شکل می‌باشد که ورودی مماسی واسطه سنگین به این بخش متصل است و این بخش وظیفه ایجاد یک جریان چرخشی در واسطه را دارد. جداکننده در هر مرحله دارای دو دهانه مماسی ورودی و خروجی در انتهای پایینی و بالایی خود می‌باشد. برای مرحله اول قسمت اعظم واسطه سنگین (حدود ۹۰ درصد) از طریق دهانه مماسی پایینی جداکننده تحت فشار ثابت وارد محفظه استوانه‌ای می‌شود و یک حرکت چرخشی از واسطه حول محور مرکزی استوانه ایجاد می‌نماید و به سمت بالا حرکت می‌کند. وقتی ذرات ماده معدنی همراه با بقیه واسطه سنگین (حدود ۱۰٪) از طریق دهانه حلزونی بالایی (داینافید) به جداکننده خوراکدهی می‌شود، گرداب اولیه تشکیل می‌شود و حرکت چرخشی سیال، ذرات ورودی را به سرعت و بر مبنای دانسیته تقسیم می‌کند. ذراتی که دانسیته کمتری نسبت به واسطه چرخنده دارند نمی‌توانند به داخل واسطه نفوذ کنند و از طریق دهانه مرکزی پایینی جداکننده (دهانه سرریز) تخلیه می‌شوند. جریان خارج شده از

این دهانه دانسیته پایین تری نسبت به واسطه ورودی دارد. ذرات با دانسیته بالاتر نسبت به واسطه چرخنده به داخل واسطه نفوذ کرده و به سمت دیواره تری فلو ته نشین می شوند و از طریق دهانه مماسی بالایی جداکننده (دهانه ته ریز) خارج می شوند. یکی از مزایای این جداکننده این است که تنها واسطه بکار رفته نیاز به پمپ کردن دارد و خوراک دستگاه توسط نیروی ثقل خود خوراکدهی می شود.

همچنین از آنجایی که لوله ته ریز نزدیک به دهانه ورودی خوراک می باشد، مواد سنگین غوطه ور فوراً از لوله ته ریز خارج می شوند و در نتیجه فرسایش در طول استوانه به طور قابل توجهی کاهش می یابد. تنها ذرات با دانسیته نزدیک که زمان بیشتری برای جدایش صحیح نیاز دارند بیشتر با دیواره استوانه تماس پیدا می کنند. مطابق شکل وقتی واسطه سنگین از طریق دهانه مماسی پایینی جداکننده تحت فشار ثابت به بخش حلزونی شکل وارد شد در طول استوانه یک جریان چرخشی که به سمت بالا حرکت می کند، ایجاد می نماید. واسطه سنگین با حرکتی چرخشی به سمت بالا حرکت می کند تا به انتهای بالایی جداکننده برخورد می کند که در این حالت بخشی از آن از طریق دهانه ته ریز تخلیه می شود و مازاد بر آن نیز در همان جهت چرخش اولیه و در داخل جریان اولی به سمت پایین حرکت می کند و از طریق دهانه سرریز خارج می شود. بنابراین جریان واسطه در داخل جداکننده، از دو مارپیچ تشکیل شده است که بر خلاف جهت یکدیگر حرکت می کنند. مارپیچ داخلی به لایه باریکی از هوا که از سمت دریچه خوراک به سمت دریچه سرریز جریان دارد محدود می شود. مارپیچ بیرونی کناره های استوانه را با جریانی که از ورودی واسطه به سمت خروجی ته ریز حرکت می کند، پر می نماید.

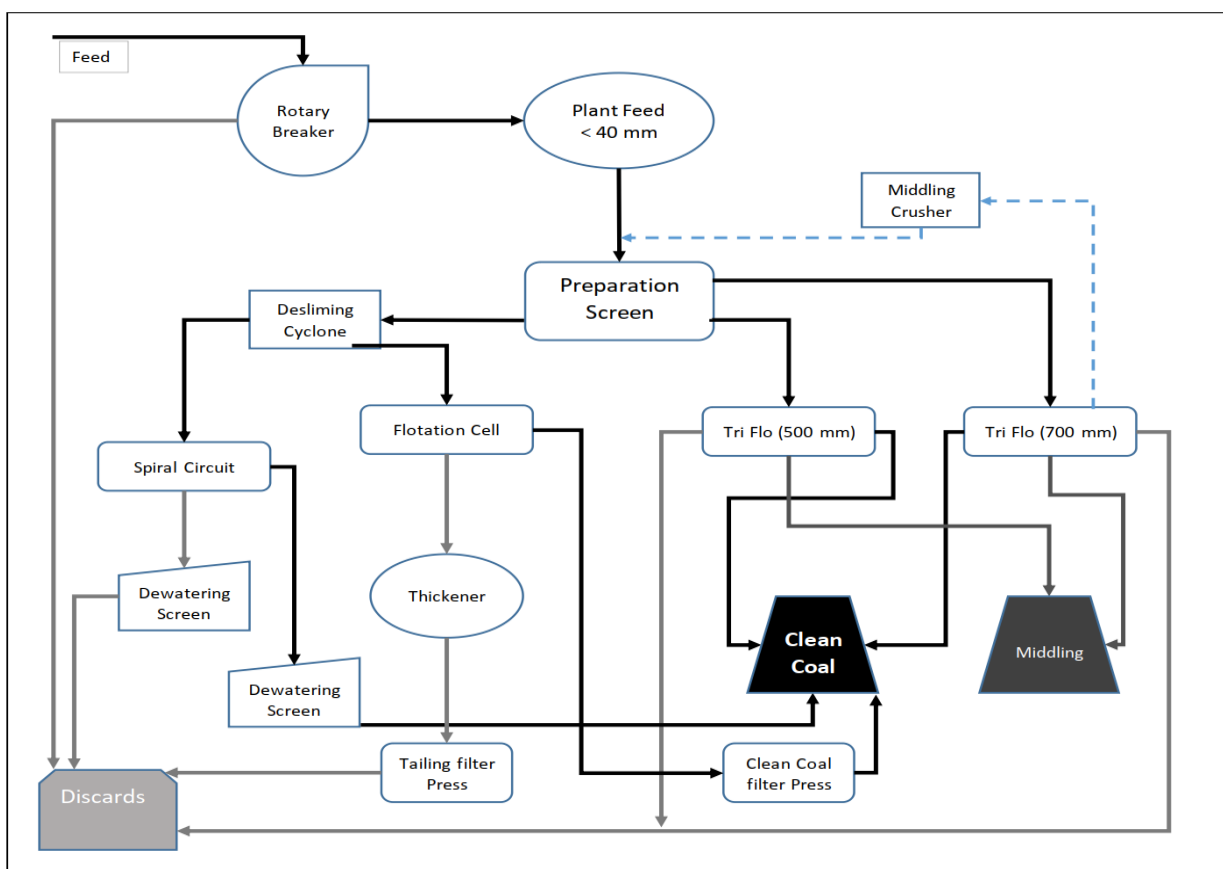


شکل ۲. دو جریان مارپیچی موجود در داخل تری فلو

حلقه های مارپیچ به دو فنر شبیه هستند که هر دو به طور ناقص فشرده شده اند. حلقه های مارپیچ نزدیک به دهانه ورودی واسطه و دهانه سرریز نسبت به محور طولی حالتی مایل دارند. این زاویه به طرف انتهای بالایی جداکننده به تدریج زیاد می شود و در چند سانتیمتری لوله خوراک، حلقه های هر دو مارپیچ نسبت به محور طولی عمود هستند. این جریان های مارپیچ، گردابی را حول محور طولی جداکننده تولید می کنند. گرداب تشکیل شده، کم کم از طرف دریچه لوله خوراک به سمت لوله سرریز باریک می شود که این کاهش قطر در حدود ۲۰ درصد می باشد. گرداب به مقدار کمی از طریق دهانه خوراک گسترش می یابد که این مقدار تابعی از شیب جداکننده است و افزایش شیب باعث کاهش آن می شود. قطر گرداب با قطر دهانه سرریز کنترل می شود و افزایش قطر سرریز باعث ایجاد گردابی با قطر بزرگتر می شود. تغییرات قطر دهانه خوراک تأثیری بارزی بر اندازه گرداب ندارد، اما این دهانه باید به نحوی باشد که خوراک ورودی را بتواند به راحتی به داخل بدنه جداکننده انتقال دهد. دهانه لوله خوراک باید تا حدی وارد بدنه جداکننده شود. این مقدار باید حداقل تا بعد از دهانه ته ریز باشد که باعث

جلوگیری از میانبر زدن ذرات می شود و همچنین موقعیت مکانی این دهانه بر ناحیه جدایش که بر روی کارایی جدایش جداکننده تأثیر می گذارد، در ارتباط است. ابعاد جداکننده در ایجاد و شکل گیری گرداب نقش بسیار مهمی دارند، بنابراین نسبت قطر به طول جداکننده بسیار مهم می باشد. یکی از مزایای این جداکننده این است که تنها واسطه مورد استفاده، نیاز به پمپ کردن دارد و خوراک دستگاه توسط نیروی ثقل خود خوراکدهی می شود، لذا هزینه عملیاتی آن کم است. همچنین به دلیل این که لوله ته ریز نزدیک به دهانه ورودی خوراک است، مواد سنگین غوطه ور خیلی سریع از لوله ته ریز خارج می شوند و در نتیجه فرسایش در طول لوله استوانه به طور قابل توجهی کاهش می یابد، این امر نه تنها باعث کاهش هزینه نگهداری می گردد بلکه شرایط کار نیز کمتر تغییر می کند.

در طراحی کارخانه زغالشویی شرکت توسعه معادن سرب و روی مهدی آباد (شکل ۳)، استفاده از تری فلو ساخت شرکت را جهت تغلیظ بازه ابعادی بزرگتر از یک میلیمتر خوراک ورودی، در نظر گرفته است.



شکل ۳: دیاگرام خط تولید کارخانه زغال شویی

با توجه به پیچیدگی های طراحی تری فلو، تاکنون هیچ شرکتی به تکنولوژی ساخت تری فلو در داخل ایران دست پیدا نکرده است. اگرچه تجهیزات واسطه سنگین زیادی از جمله سیکلون های واسطه سنگین در کارخانجات زغالشویی داخل استفاده می شود؛ به علت عدم توانایی این تجهیزات در شستشوی زغال های پر خاکستر و ایجاد نرمه زیاد در حین شستشوی زغال خام، استفاده از آنها را در مدار کارخانه زغالشویی شرکت توسعه معادن فلات زرین کیمیا محدود و غیر ممکن می سازد. زغال های منطقه طبس جزء زغال های ترد محسوب می شود و بهترین وسیله جدایش به روش واسطه سنگین برای تولید نرمه کمتر، دستگاه تری فلو می باشد. با توجه به ارزش اقتصادی بالاتر کنسانتره درشت

دانه، استفاده از تجهیزاتی که نرمه کمتری تولید می کنند منجر به سود بیشتری برای شرکت ها می شوند.

شایان ذکر است مطابق با آنالیز سرندی نمونه معرف زغال خام این شرکت، بیش از ۷۰ درصد خوراک ورودی به کارخانه (جدول ۱) توسط تری فلو فراوری می شود. با توجه به قابل توجه بودن سهم خوراک این مدار و همچنین اهمیت کمیت و کیفیت محصول تولیدی مدار واسطه سنگین، ضروری است از تجهیزاتی با کیفیت ساخت و جدایش بالا استفاده گردد.

جدول ۱: آنالیز دانه بندی نمونه خوراک و سهم مدارهای مختلف تغلیظ

Size mm	Weight %	Ash %
+19.05	15.84	57.48
+12.5-19.05	7.7	56.27
+6.35-12.5	13.12	44.26
+4.75-6.35	6.73	35.39
+3.35-4.75	9.24	38.18
+2-3.35	8.39	34.6
+1-2	10.39	34.53
+0.5-1	9.5	30.56
+0.15-0.5	8.54	28.65
+0.075-0.15	2.3	28.48
+0.045-0.075	1.27	34.54
+0.025-0.045	1.27	38.21
-0.025	5.71	59.59
Sum	100	42.0

آنالیز سرندی نمونه معرف خوراک کارخانه زغالشویی

Circuits	Weight %	Ash %
Tri-Flo	71.41	43.32
Spiral	18.04	29.7
Flotation	10.55	47.2
	100	42.0

سهم مدارهای مختلف کارخانه از خوراک ورودی

با توجه به خصوصیات و ویژگی های خاص تری فلو و زغال خام ورودی که در بالا ذکر شد، ضرورت استفاده از آن جهت شستشوی بخش دانه درشت کارخانه زغال شویی که بیشترین سهم را در خوراک ورودی دارد، محرز می باشد. سایر مزیت های این تجهیز جهت استفاده در کارخانه زغالشویی به شرح ذیل است:

۲- مزایای استفاده از تری فلو در تغلیظ زغال خام درشت

سایر مزیت های تری فلو را می توان به صورت زیر لیست کرد:

- ❖ تری فلو يك جداکننده چندمرحله‌اي در يك دستگاه است و جریان شناور شستشو مجدد می‌شود.
- ❖ جدایش چند مرحله‌اي را می‌توان در چگالي یکسان یا در چگالي‌هاي مختلف برای تولید محصول نهایی، میانی و باطله انجام داد.
- ❖ تیزی جدایش مواد ریزتر در تری فلو به علت فرآوری چند مرحله‌اي بهبود می‌یابد.
- ❖ سیستم تری فلو اجازه می‌دهد تا يك تیزی جدایش در مرحله اول در همه شرایط به کار گرفته شود و می‌توان برای يك جدایش تك مرحله‌اي اعمال کرد.

۳- نکات برجسته استفاده از تری فلو در تغلیظ زغال درشت خوراک

- ❖ دو مرحله شستشو در يك دستگاه
 - تيزي جدایش بالاتر اگر شستشوي ۳ محصولي انجام شود.
 - توليد كنسانتره، ميانى و باطله اگر شستشوي ۳ محصولي انجام شود.

- ❖ چيدمان فشرده
- ❖ ظرفيت بالاي دستگاه
- ❖ ظرفيت بالاي غرق تا ۱۰۰ متر مكعب بر ساعت
- ❖ عدم پمپاژ باطله با سايندگي بالا
- ❖ اپراتور پسند و انعطافپذير با تغييرات خوراك
- ❖ حداقل فرسایش استوانه ها، تعمیرات و افزایش عمر

۴-مقایسه تري فلو با روش هاي مرسوم

- ❖ چند محصول از يك دستگاه:

اگر با روش هاي مرسوم مقایسه شود، داراي ظرفيت غرق خيلي بالا و توليد سه محصول در يك دستگاه، منجر به کاهش هزینه سرمايه گذاري (ساخت و ساز، لوله کشي و ...) و هزینه عملياتي مي شود.

مرحله دوم مي تواند:

- ✓ نهايي باشد (محصول نهايي، ميانى و باطله).
- ✓ براي بهبود آزادسازي و باز فرآوري براي افزایش بازيايي، خرد شود.
- ✓ هزینه انرژی پمپاژ تا ۵۰% در مقایسه با روش هاي مرسوم دو مرحله‌اي کاهش مي‌يابد.

- ❖ افزایش بزرگترین ابعاد ذرات خوراك:
- ✓ جداکننده تري فلو مي تواند ذرات بزرگتري نسبت به سيكلون مخروطي در قطر يكسان دستگاه ها بپذيرد.

- ✓ در يك مدار (تري فلو) باعث صرفه جويي جدایش در مدار زغال درشت مي شود:

به عنوان مثال: با فرض اين كه يك طراحي ۲۰۰ تن بر ساعت با آزادسازي خوب در حداكثر ابعاد ۷۵ ميليمتر يك تري- فلو مي توان نصب كرد، اگر يك سيكلون براي اين ظرفيت نصب شود بايد يك سيكلون ۷۵۰ ميليمتر انتخاب شود؛ اما خوراك بايد تا حداكثر ابعاد ۵۰ ميليمتر خرد شود. به عنوان يك جایگزین، براي تطبيق حداكثر ابعاد ۷۵ ميليمتر، يك دستگاه ۱۰۰۰ ميليمتر بايد نصب شود. در هر دو مورد، صرفه جويي اقتصادي پيشنهادي توسط تري فلو معني دار است.

- ❖ باز فرآوري مواد شناور نتایج بهتري نسبت به باز فرآوري مواد سنگين مي دهد:

در بعضي موارد مرحله دوم (مياني) به مرحله اول خوراكدهي مي شود و اكثريت مواد سنگين تقريباً به باطله مي رود، شرايط پايدارتر در مرحله دوم ايجاد مي شود و اجازه مي دهد تا مواد نابجا به باطله برود.

- ❖ بهبود هيدروديناميك داخل دستگاه:

الگوي جريان داخل جداکننده هاي استوانه‌اي در مقايسه با ساير تجهيزات، شتاب گريز از مرکز يکنواخت تر و منطقه وسيعتري از سرعت محوي صفر (به خصوص مفيد براي سختي بالاي جدائش مواد نزديک به دانسيته جدائش) را دارا می باشد.

❖ حداقل تماس ماد معدني با ديواره جداکننده:

خوراک تري فلو در فشار اتمسفري در امتداد مرکز جداکننده به دستگاه وارد مي شود، مواد سبک در امتداد محور مرکزي شناور مي شوند، مواد سنگين با سايندگي بالا به سرعت به ديواره حرکت و از طريق محفظه غرق نزديک به ورودي خوراک تخليه مي شوند.

❖ فقط واسطه پمپ مي شود:

کاهش فرسائش پمپ خوراک واسطه سنگين و به دنبال آن طول عمر لوله دو برابر مي شود، اگر خوراک پمپ نشود. قابليت دسترسي بالاتر کارخانه با کاهش مسدود شدن لوله و پمپ بدست مي آيد.