پمپ دیسکی

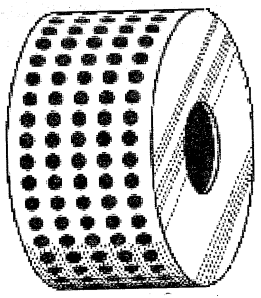
مقدمه

پمپاژ سیالات با ویسکوزیته خیلی بالا و ساینده و نیز سیالاتی که حاوی مقدار زیادی ذرات جامد هستند، با مشکلات فراوانی همراه است. هنگام پمپاژ این سیالات، هزینه های زیادی صرف نگهداری و تعمیر خرابی های ناشی از سایش می شود. علاوه بر این؛ باید خسارت اتلاف محصول در زمان خرابی پمپ و توقف خط تولید را نیز در نظر گرفت.

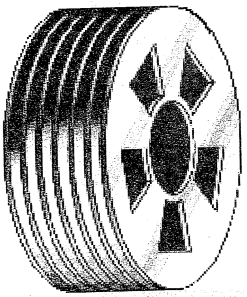
در چنین شرایطی استفاده از فناوری پمپ های دیسکی این مشکلات را تا حد زیادی بر طرف می کند. حتی در برخی موارد پمپ های دیسکی موجب کاهش هزینه های دوره عمر[1] تا بیش از ۹۰ درصد شده اند.

تاریخچه

ایده پمپ های دیسکی به قبل از ۱۸۵۰ میلادی بر می گردد. این پمپ به وسیله سرگنت در آمریکا اختراع شد. او مجموعه ای از ۲۹ دیسک موازی را که چند هزارم اینچ با هم فاصله داشتند، با نواری فلزی به یکدیگر متصل کرد و برای ایجاد امکان عبور سیال به داخل و خارج مجموعه، تعدادی سوراخ در آن نوار پدید آورد (شکل ۱). این نخستین نمونه پمپ هایی بود که تنها بر اساس قوانین لایه مرزی و نیروی پسای ویسکوز عمل می کنند.



شکل ۱ نخستین پمپ دیسکی

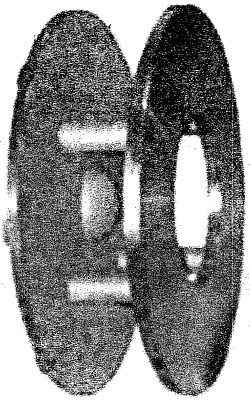


شکل ۲ پمپ دیسکی تسلا

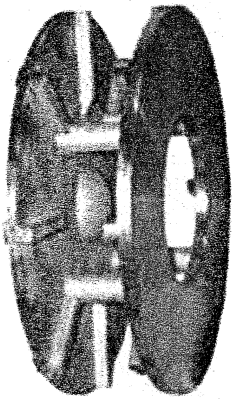
پس از آن، در سال ۱۹۰۹ نیکولای تسلا، مخترعی آمریکایی، این ایده را بهبود بخشید. وی با جداکردن نوار فلزی از دور دیسک ها موجب بهتر شدن کارایی پمپ شد. تسلا بر حفظ فواصل بسیار کوچک بین دیسک ها اصرار داشت زیرا معتقد بود که اگر فاصله دیسک ها زیاد باشد پمپ در

[1] LCC

نقطه ای خاص متوقف می شود. پافشاری وی در ایجاد فواصل کم بین دیسک ها موجب محدود شدن آن به پمپاژ آب شد. بنابراین، فکر و ایده او به فراموشی سپرده شد.



شکل ۳ طرح اولیه Discpac مسطح



شکل ۴ طراحی Discpac هد بالا

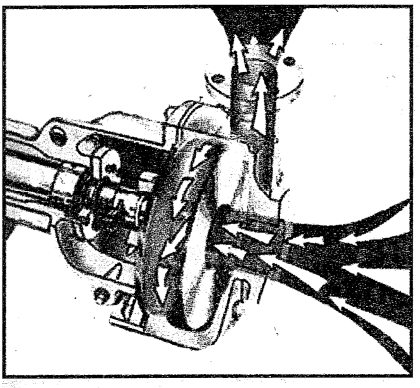
در دهه ۱۹۷۰، ماکس گرث، مخترعی در جنوب کالیفرنیا، دوباره ایده پمپ دیسکی را بررسی کرد. او دریافت که می توان فواصل بین دیسک ها را تا ۵۰۰ میلی متر (۲۰ اینچ) افزایش داد چراکه برخلاف انظار کارشناسان تئوری پمپ، قوانین لایه مرزی و نیروی پسای ویسکوز در این فواصل نیز برقرار است. به علاوه، در این حالت جریان، بدون نواسان و آرام است. یکی از یافته های جالب او این بود که برخلاف انواع دیگر پمپ، پمپ دیسکی در ویسکوزیته های بالاتر کارایی بهتری دارد. بطوریکه هنگام پمپاژ سیالاتی با ویسکوزیته بیش از ۲۵۰ سانتی پوز، بازدهی آن از بازدهی پمپ سانتریفیوژی با سایز مشابه بیشتر است. پس از آن او موفق به کسب حق امتیاز ساخت نخستین پمپ دیسکی شد و در سال ۱۹۸۲ شرکت Discflo را برای تولید این پمپ تاسیس کرد.

در مکانیزم اولیه ای که Discpac نام گرفت از دیسک های مسطح استفاده شد (شکل ۳).

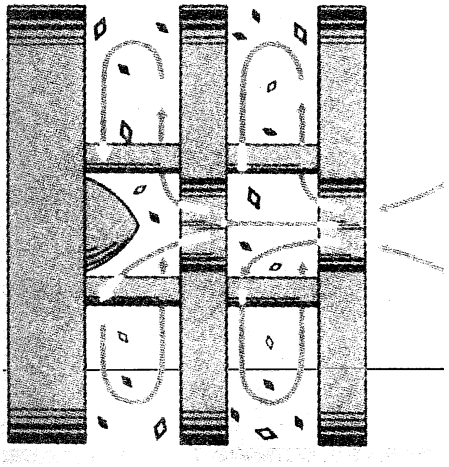
در سال ۱۹۸۸، نسل دوم Discpac با نام پمپ دیسکی هد بالا ارائه شد (شکل ۴). طراحی این پمپ عملکرد آن را در شرایط ناپایدار پمپاژ مانند تغییرات زیاد و ناگهانی دبی جریان را بهبود بخشید. این پمپ نسبت به نوع مشابه مسطح، دبی و فشار رانش بیشتری ایجاد می کرد و برای پمپاژ سیالات سایینده بسیار مناسب بود.

اصول کارکرد

پمپ دیسکی بر اساس اصول منحصر به فردی کار می کند که با مبنای کارکرد پمپ های سانترفیوژ و جابجایی مثبت متفاوت است. این مکانیزم پمپاژ Discpac نامیده شده که شامل مجموعه ای از دیسک های موازی با فواصل مساوی است. سیال از طریق دهانه مرکزی پمپ به آن وارد شده و بین دیسک های موازی دوار محبوس می شود (شکل ۵).



شکل ۵ پمپ دیسکی



شکل ۶ مبنای کارکرد پمپ دیسکی

چرخش دیسک ها، گرادیان سرعت و فشار در عرض Discpac را ایجاد می کند. سیال پس از کسب انرژی از دیسک، به سمت خارج و لبه آن حرکت کرده و بدین ترتیب، مسیر سیال در پمپ به مسیری مارپیچ تبدیل می شود (شکل ۶).

به دلیل چسبیدن مولکول های سیال به سطح دیسک ها لایه مرزی تشکیل می شود. دیسک ها انرژی دورانی خود را از طریق لایه های مرزی به سیال منتقل می کنند. سپس نیروی لایه مرزی دوار به لایه های مجاور منتقل شده و بدین ترتیب، گرادیان فشار و میدان نیروی دینامیکی در درون و بین مولکول ها ایجاد می شود.

در اینجا، قانون پسای ویسکوز وارد عمل می شود چرا که تا زمان چرخش کل جرم سیال، انرژی به لایه های دیگر مولکول ها منتقل می شود. این نیرو به لایه های مرزی اعمال شده و بنابراین مجموعه ای از جریان های موازی مولکول های سیال پدید می آید (شکل ۷).

ترکیب لایه های مرزی و نیروی پسای ویسکوز یک میدان نیروی دینامیکی قوی ایجاد می کند که سیال را به جلو می راند و یک پروفیل جریان هیدرولیکی آرام و بدون نوسان پدید می آورد.

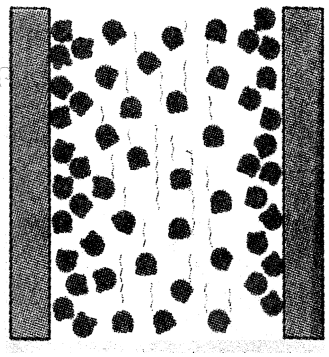
همچنین، لایه حائلی مولکولی بین سطح دیسک و سیال است و مانع برخورد کامل آن دو با یکدیگر می شود. در حقیقت، هیچگونه برخورد شدیدی بین سیال و اجزای متحرک پمپ رخ نمی دهد و این نکته ای است که پمپ دیسکی را از پمپ های دیگر مجزا می کند.

قابلیت پمپ دیسکی در پمپاژ

این پمپ ها قابلیت پمپاژ انواع سیالات را دارند:

- **سیالات با ویسکوزیته بالا**

از آنجاییکه پمپ دیسکی برای انجام عمل پمپاژ از اصطکاک استفاده می کند، هرچه ویسکوزیته سیال بیشتر باشد، بازدهی پمپ بهتر است. این پمپ ها سیالاتی چون لجن، قیر، ملاس، گل حفاری و آسفالت با ویسکوزیته چند هزار سانتی پوز را به راحتی پمپاژ می کنند.



شکل ۷ جریان های موازی

- **سیلات بسیار ساینده**

طراحی منحصر به فرد این پمپ ها مشکل برخورد سیال با اجرای متحرک پمپ را برطرف کرده است، از این رو می توان با کمک آنها ساینده ترین سیالات از جمله دی اکسید تیتانیوم را نیز پمپاژ کرد.

- **سیالات حاوی هوا یا گاز**

پمپ های دیسکی می توانند سیالات حاوی هوا یا گاز (تا ۷۰ درصد) را بدون هیچگونه مشکلی پمپاژ کنند. به دلیل برخورد سیال با دیسک ها، حباب های گاز هنگام ورود به چشم سیستم نمی ترکد بلکه به منطقه پرفشار بین دیسکی رفته و به همان صورت با سیال از پمپ خارج می شود.

- **سیالات بسیار خورنده**

این پمپ ها قابلیت پمپاژ سیالات خورنده، اسیدی و الکلی را دارند. از پمپ های دیسکی حتی برای پمپاژ ضایعات هسته ای نیز استفاده می شود.

- **سیالات حاوی ذرات جامد**

با توجه به طراحی خاص و عدم برخورد سیال با اجزای متحرک، از این پمپ ها می توان برای پمپاژ سیالاتی که تا ۷۰ درصد حاوی ذرات جامد هستند نیز استفاده کرد. از این رو پمپ های

دیسکی، Slurry، لجن حاوی شن و ماسه، پساب و فاضلاب صنعتی و سیالاتی از این قبیل را بدون بروز هیچگونه گرفتگی یا سایش اضافی پمپاژ می کنند.

- **سیالات حساس به برش**

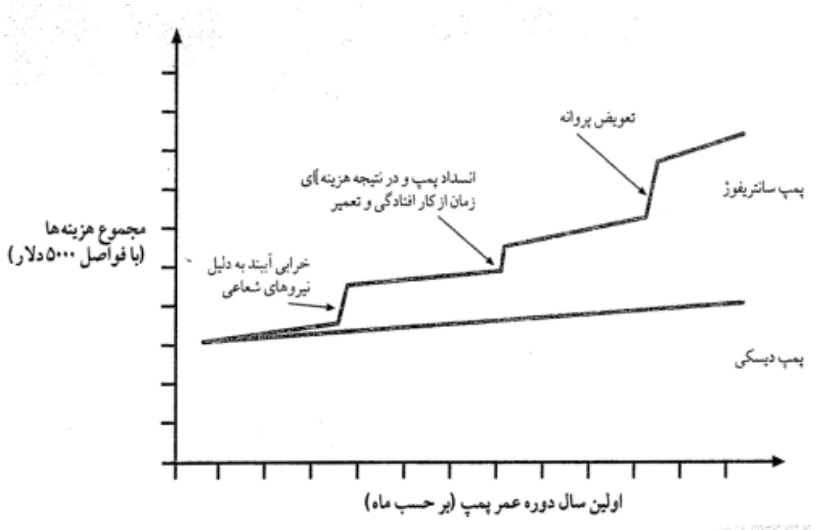
اتلاف سیالات شیمیایی و غذایی حساس به برش در حین پمپاژ یکی از مسائل پرهزینه صنعتی می باشد. ثابت شده است که طراحی بدون برخورد سیال با اجزای متحرک در پمپ های دیسکی مناسب ترین راه برای حل این مشکل است چراکه لایه مرزی مانع تماس محصولی با اجزای متحرک پمپ می شود.

ویژگی های پمپ دیسکی

این ویژگی ها عبارتند از:

۱. جریان آرام و بدون نوسان
۲. عدم بروز گرفتگی در پمپ
۳. NPSHr کم: به دلیل ایجاد جریان آرام در درون پمپ، NPSHr پمپ دیسکی کمتر از پمپ های گریز از مرکز در شرایط یکسان می باشد.
۴. قابلیت کارکرد خشک: به دلیل عدم تماس مستقیم فلز با فلز، پمپ دیسکی امکان خشک کار کردن را دارد. البته در این شرایط نیز باید از آب بند های مکانیکی حفاظت شود.
۵. نصب و بهره برداری آسان
۶. نیاز به نگهداری کم و قطعات یدکی ناچیز
۷. عمر طولانی اجزای پمپ
۸. قابلیت اطمینان بالا
۹. قابلیت پمپاژ سیالات متنوع

با توجه به قابلیت اطمینان بالا و عمر طولانی اجزا، هزینه های دوره عمر پمپ دیسکی در مقایسه با انواع مشابه گریز از مرکز بسیار کمتر است. بطور کلی، مشکلاتی از قبیل ساییدگی قطعات، مدت زمان از کار افتادگی پمپ، صدمه زدن به محصول و ... در پمپ دیسکی دیده نمی شود.
نمودار ۱ مقایسه ای از مجموع هزینه ها (شامل هزینه خرید، بهره برداری و نگهداری) دو پمپ دیسکی و گریز از مرکز را در هنگام پمپاژ یک سیال نمونه (اسلاری ویسکوز و ساینده، ۳۰۰ gpm و ۱۰۰ فوت) نشان می دهد.



نمودار ۱ مقایسه هزینه های پمپ دیسکی با پمپ کریز از مرکز هنگام پمپاژ یا سیال نمونه

کاویتاسیون و پمپ دیسکی

وقتی مایع در مناطق کم فشار درون پمپ تبخیر شود، حباب های آن هنگام عبور از مناطق پر فشار می ترکند و کاویتاسیون رخ می دهد. این پدیده منجر به خرابی و خوردگی در پمپ می شود.

از آنجاییکه رژیم جریان درون پمپ دیسکی آرام است، تلفات فشار بسیار کم بوده و احتمال وقوع کاویتاسیون کاهش می یابد. حتی در صورت وقوع این پدیده، اثرات مخرب آن بسیار کم خواهد بود چراکه لایه مرزی سیال محافظت اجزای پمپ در برابر عواقب کاویتاسیون می شود.

موارد کاربرد

پمپ دیسکی تقریبا پمپی همه کاره است زیرا با تغییر اندازه، تعداد و فواصل دیسک ها امکان پمپاژ انواع سیالات فراهم می شود.

قسمتی از محدوده وسیع کاربردهای پمپ دیسکی شامل پمپاژ سیالاتزیر است:

لجن ساینده، چسب، پالپ، فضولات حیوانی، کربنات کلسیم، نیترات سلولز، نیترات مس، کرئوزوت، نفت، گل حفاری، رنگ و جوهر، اسیدهای چرب، شکلات، عسل، گلوکز، روغن های حیوانی و گیاهی، گریس، کلرید منیزیم، ملاس، فاضلاب خام، پساب پالایشگاه ،صنایع اتمی و نظامی، رزین، کلرید تیتانیوم و ...

از این رو، پمپ های دیسکی تقریبا در تمام صنایع از جمله صنعت نفت، گاز و پتروشیمی، کارخانجات تولید رنگ و جوهر، کارخانجات نساجی و کاغذ، معدن کاری، صنایع غذایی، صنایع داروسازی و کارخانجات شکر کاربرد دارند.