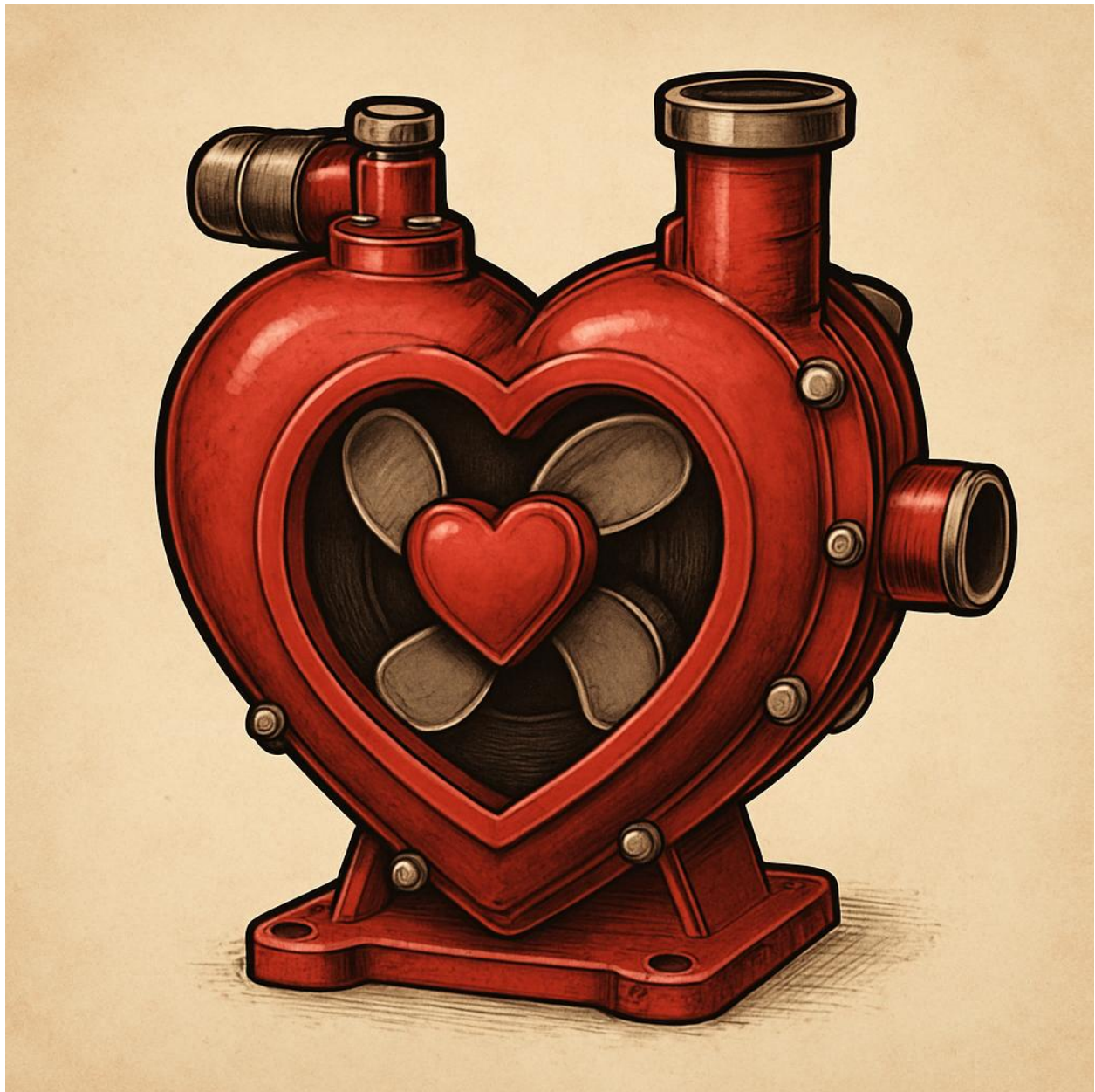


قلبی که می‌چرخد
راز پنهان در عملکرد پمپ‌ها



مقدمه

در دنیای صنعت، قلب تپنده هر پمپ، پروانه آن است. همان قطعه‌ای که با چرخش خود، سیال را به حرکت در می‌آورد و عملکرد پمپ را تضمین می‌کند. در صنایع بزرگی چون فولاد، نفت و پتروشیمی، شناخت دقیق و فنی از پروانه‌ها، می‌تواند ضامن عملکرد پایدار و بهره‌وری بالا باشد. در این مقاله، به صورت جامع و کاربردی با انواع پروانه‌ها، ویژگی‌هایشان، نقاط ضعف رایج و راهکارهای نگهداری و تعمیرات آشنا می‌شویم.

داستانی از دل موتورخانه

پمپ در یکی از واحدهای مهم فولادسازی، ناگهان از کار افتاده بود. به من زنگ زدند تا بروم و بررسی کنم. گفتم برای لحظه ای راه اندازی کنند، صدای لرزش عجیب پمپ، همه را نگران کرده بود. فشار سیستم خنک‌کننده افت کرده بود و دلیلش نامعلوم. موتور سالم بود، سیستم پایپینگ مشکلی نداشت و سیل‌ها به درستی آب‌بندی می‌کردند. اما هنوز مشکلی وجود داشت... تکنسین بخش با نگرانی گفت: "اگر تا فردا راه نیفته، تولید واحد می‌خوابه." رفتم داخل موتورخانه، دیدم عرق از پیشانی تعمیرکاران می‌چکید و با اضطراب فوراً تعمیرات گفت: تازه پمپ را سرویس کردیم و دوباره خراب شده است. پیچ‌ها رو باز کردند و رفتم سراغ پمپ.

وقتی پوسته پمپ باز شد، صحنه‌ای دیدم که تا همیشه یادم می ماند. پروانه، به صورتی ساییده شده بود، که فکر می کردی مانند پنیر خورده شده است، تیغه‌ها پریدگی داشتن و اصلاً اوضاع خوب نبود. همین که در ذهن در حال جستجو و پیدا کردن علل آن بودم، یاد این جمله‌ای از یکی از استادانم افتادم، که می گفت:

“پمپ، قلب صنعت است ولی پروانه، قلبِ قلب آن است.

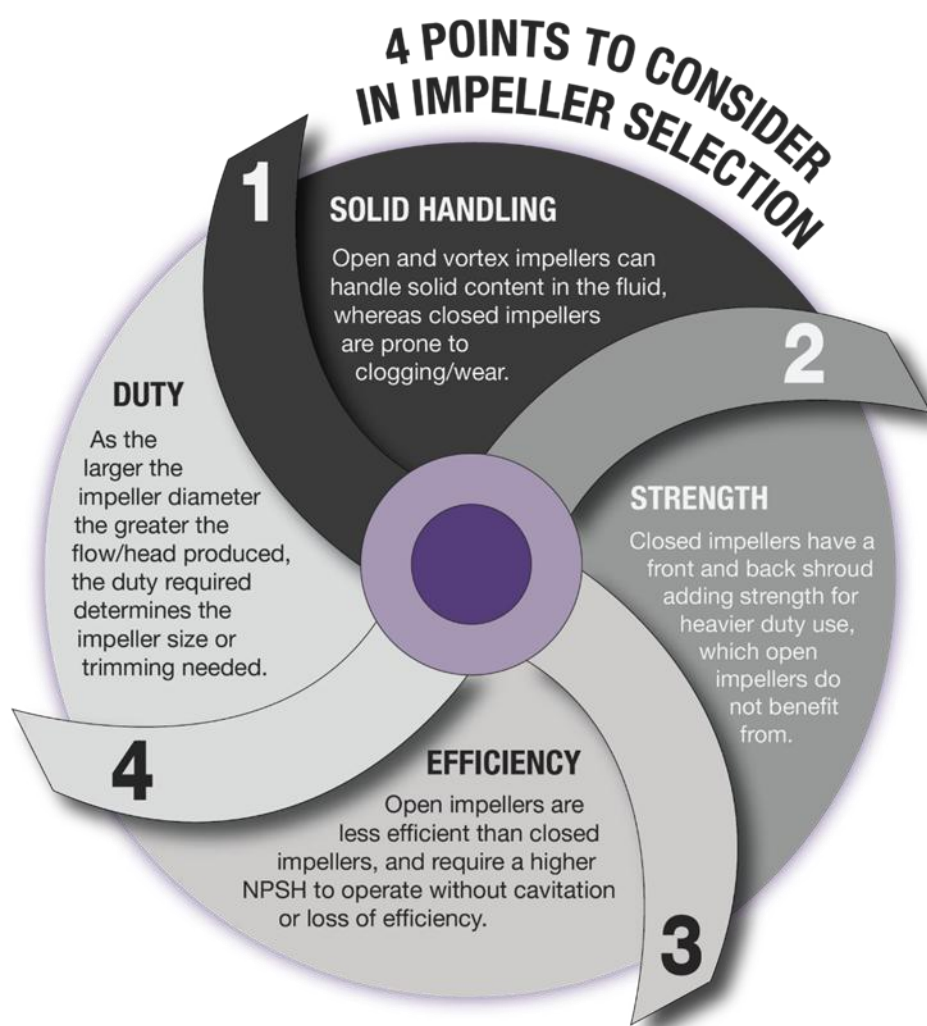
اون روز فهمیدم که چقدر شناختن پروانه پمپ مهمه. قطعه‌ای که گاهی اصلاً دیده نمی‌شه، اما همه چیز بهش بستگی داره.

نقش پروانه در عملکرد پمپ

پروانه پمپ‌ها وظیفه اصلی انتقال انرژی به سیال را دارند. با چرخش آن، انرژی مکانیکی به فشار یا سرعت در سیال تبدیل می‌شود. طراحی، شکل، جنس و حتی دقت بالانس پروانه، مستقیماً بر عملکرد کلی پمپ تأثیر می‌گذارد.

پروانه پمپ چیست و چرا مهم است؟

پروانه یا Impeller اصلی‌ترین قطعه‌ی دوار در پمپ است که انرژی مکانیکی را به انرژی جنبشی یا فشاری برای حرکت سیال تبدیل می‌کند. نقش حیاتی این قطعه باعث شده به آن لقب «قلب پمپ» بدهند.



بخش اول: انواع پروانه‌ها از نظر شکل

پروانه‌ها از نظر طراحی و هندسه به چند دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

۱. پروانه بسته: (Closed Impeller)

دارای دو صفحه (دیسک) در دو طرف تیغه‌هاست. مناسب برای سیالات تمیز و با ویسکوزیته پایین.

۲. پروانه نیمه‌باز: (Semi-Open Impeller)

دارای یک صفحه در سمت پشتی است. در سیالات با ذرات معلق عملکرد بهتری دارد.



پروانه باز



پروانه نیمه باز



پروانه بسته



۳. پروانه باز: (Open Impeller)

بدون صفحه جانبی، مخصوص سیالات با ذرات جامد و معلق زیاد، مانند فاضلاب.

بخش دوم: دسته‌بندی پروانه‌ها از نظر کاربرد

بسته به کاربرد، پروانه‌ها در محیط‌های مختلف صنعتی استفاده می‌شوند:

- صنایع فولاد: انتقال آب خنک‌کننده و روغن‌های صنعتی
- پتروشیمی و نفت: پمپاژ مواد شیمیایی خورنده یا سیالات داغ
- آب و فاضلاب: انتقال سیالات آلوده، دارای ذرات معلق یا رسوبات
- نیروگاه‌ها: پمپاژ آب بویلر، کندانسور و سیستم‌های خنک‌کننده
- از نظر کاربرد صنعتی:

کاربرد اصلی	نوع پروانه
صنایع فولاد، آب و فاضلاب	سانتریفیوژ کلاسیک
پمپ‌های فشار قوی در پتروشیمی	چندمرحله‌ای
انتقال حجم بالا با فشار پایین	محوری یا جریان مختلط
دوغاب، سیالات اسیدی، پسماند صنعتی پروانه‌های خاص	

بخش سوم: انواع پروانه از نظر جنس

جنس پروانه بستگی به نوع سیال، فشار و دما دارد. پرکاربردترین جنس‌ها عبارتند از:

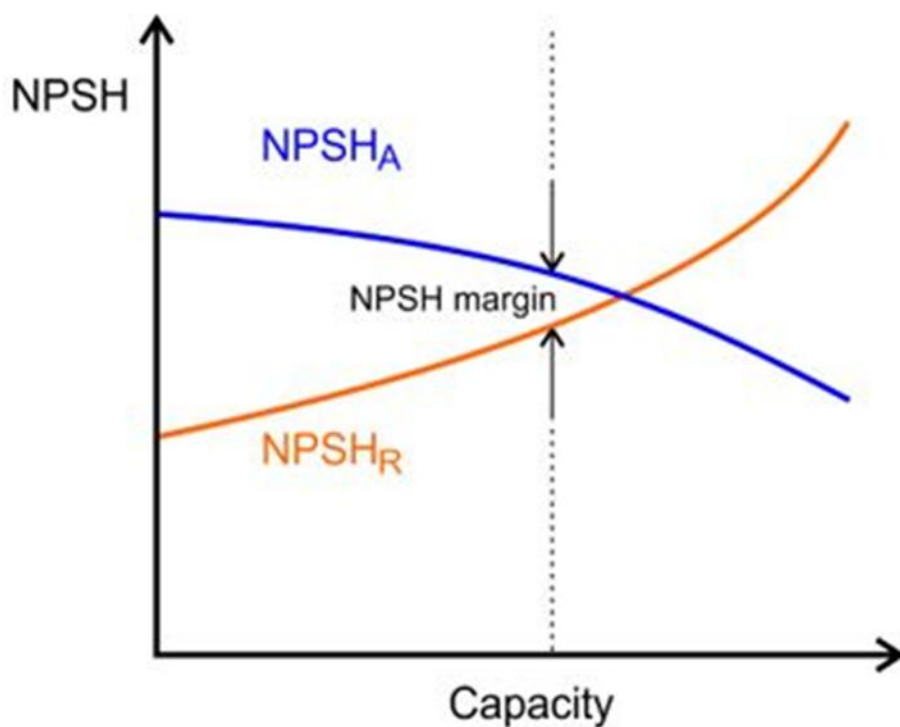
- چدن خاکستری: مناسب برای آب تمیز و کاربردهای عمومی
 - برنز و برنج: مقاوم در برابر خوردگی و مورد استفاده در صنایع دریایی
 - استیل ضد زنگ (Stainless Steel): مقاوم در برابر خوردگی، مخصوص صنایع غذایی، شیمیایی و نفت
 - سوپر آلیاژها) مانند Hastelloy ، Duplex): برای شرایط بحرانی دما و خوردگی بالا
- . از نظر جنس پروانه:

کاربرد	مزایا	جنس
صنایع عمومی	ارزان، مناسب برای آب	چدن خاکستری
صنایع دریایی	ضد خوردگی	برنز
پتروشیمی، داروسازی مقاوم در برابر فشار و اسید فولاد ضد زنگ		
صنایع خاص	سبک و ضد سایش	کامپوزیت

بخش چهارم از نظر NPSH

بله، در پمپ‌ها، نوع پروانه تأثیر زیادی بر نیاز به NPSH (Net Positive Suction Head) دارد. در ادامه، انواع پروانه‌های پمپ از نظر NPSH و ویژگی‌های هرکدام را برای شما توضیح می‌دهم:

انواع پروانه‌های پمپ از نظر NPSH و ویژگی‌های آنها



۱- پروانه باز (Open Impeller)

- ویژگی‌ها: این نوع پروانه‌ها معمولاً پره‌هایی بدون پوشش دارند و یک طرف آن‌ها آزاد است. این ویژگی به پروانه اجازه می‌دهد که سیالات حاوی ذرات یا گازها را به راحتی جابه‌جا کند.
- نیاز به NPSH: به‌طور کلی، پروانه‌های باز به NPSH بالاتری نیاز دارند زیرا در این پروانه‌ها، اثر خلا و نوسانات فشار بیشتر است. به این معنی که برای جلوگیری از وقوع کَوپید (Cavitation) و آسیب به پروانه، به فشار مکش بالاتر نیاز است.
- کاربرد: در پمپ‌های فاضلاب، پمپ‌های آبیاری و پمپ‌هایی که با سیالات حاوی ذرات جامد سروکار دارند.

۲- پروانه نیمه‌باز (Semi-Open Impeller)

- ویژگی‌ها: این پروانه‌ها یک طرف پوشش دارند که از ورودی سیال محافظت می‌کند، اما یک طرف دیگر باز است. این نوع طراحی به کاهش مشکلات در پمپ‌هایی که سیالات غلیظ‌تر دارند، کمک می‌کند.
- نیاز به NPSH: پروانه‌های نیمه‌باز معمولاً نیاز به NPSH متوسط دارند. این ویژگی به آن‌ها امکان می‌دهد که به‌طور مؤثری در دماهای بالا و سیالات با ویسکوزیته زیاد عمل کنند بدون اینکه فشار مکش خیلی بالا باشد.
- کاربرد: در پمپ‌های صنایع شیمیایی، پمپ‌های روغن و پمپ‌هایی که سیالات ناپاک دارند.

۳- پروانه بسته (Closed Impeller)

- ویژگی‌ها: این نوع پروانه‌ها به‌طور کامل توسط یک دیواره محافظ احاطه شده‌اند، که پره‌ها را در محیطی بسته و با راندمان بالاتر می‌چرخاند. این طراحی معمولاً در شرایطی که سیال تمیز و فاقد ذرات جامد است، به کار می‌رود.
- نیاز به NPSH: پروانه‌های بسته به دلیل طراحی بهینه و کم‌چتر بودن، نیاز به NPSH کمتری دارند. این طراحی باعث می‌شود که در دماهای پایین‌تر و فشار مکش مناسب‌تری عملکرد خوبی داشته باشند. در نتیجه، برای اکثر کاربردهای صنعتی، این پروانه‌ها گزینه بهتری هستند.
- کاربرد: در پمپ‌های آب، پمپ‌های سیالات شیمیایی تمیز، و پمپ‌های نفت و گاز.

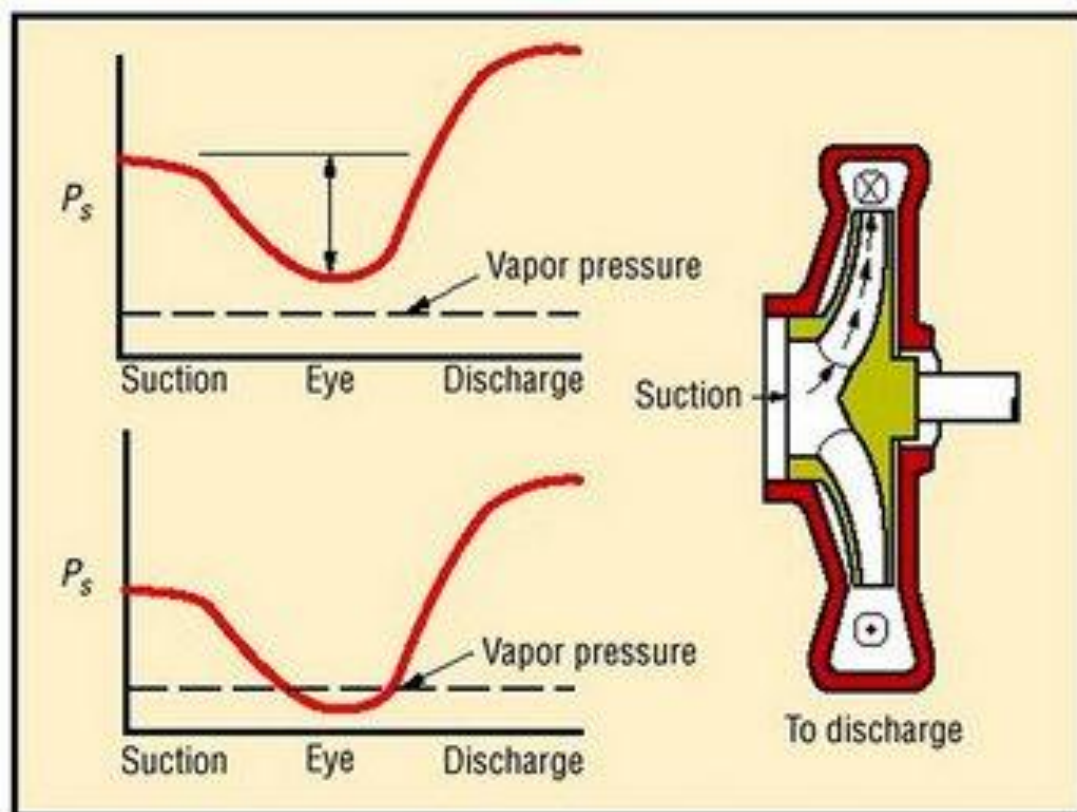
۴- پروانه دو طرف باز (Double Suction Impeller)

- ویژگی‌ها: این نوع پروانه به‌طور معمول برای پمپ‌هایی با دبی‌های بالا طراحی می‌شود. این پروانه‌ها دو ورودی دارند که به هر دو طرف پره‌ها متصل می‌شوند. این طراحی باعث کاهش بار مکانیکی روی شفت و بهبود عملکرد کلی پمپ می‌شود.
- نیاز به NPSH: پروانه‌های دو طرف باز به NPSH بالاتر نیاز دارند. دلیل این امر آن است که جریان دو طرفه باعث ایجاد خلا بیشتر در محل ورود سیال به پمپ می‌شود و احتمال بروز گویید را افزایش می‌دهد. بنابراین، برای جلوگیری از مشکلات ناشی از کاویتاسیون، فشار مکش باید بالاتر باشد.

- کاربرد: در پمپ‌های با دبی‌های زیاد، پمپ‌های انتقال آب به سیستم‌های بزرگ، و سیستم‌های آبیاری کشاورزی.

کاربرد	ویژگی‌ها	نیاز به NPSH	نوع پروانه
فاضلاب، پمپ‌های آبیاری	مناسب سیالات حاوی ذرات، فشار مکش بالا	بالا تر	پروانه باز
صنایع شیمیایی، روغن	مناسب سیالات غلیظ، دماهای بالا و ویسکوزیته زیاد	متوسط	پروانه نیمه‌باز
آب، شیمیایی تمیز	عملکرد بهینه، برای سیالات تمیز و کم‌ویسکوزیته	کمتر	پروانه بسته
سیستم‌های بزرگ آبیاری، پمپاژ آب	مناسب دبی‌های بالا، فشار مکش بالا	بالا تر	پروانه دو طرف باز

با
توجه
به



ویژگی‌ها و نیازهای مختلف در صنایع، انتخاب نوع پروانه باید با توجه به NPSH مورد نیاز و خصوصیات سیال انجام گیرد تا عملکرد بهینه و طول عمر بیشتر پمپ تضمین شود.

بخش پنجم: عیوب متداول در پروانه‌ها

پروانه‌ها به دلیل شرایط کاری سخت، در معرض آسیب قرار دارند. شایع‌ترین عیوب:

- خوردگی (Corrosion): به‌ویژه در سیالات اسیدی یا قلیایی
- سایش (Erosion): به دلیل ذرات معلق جامد
- ترک‌خوردگی: ناشی از تنش‌های حرارتی یا مکانیکی

- بالانس نبودن :باعث لرزش و کاهش عمر بلبرینگ‌ها
- عیوب متداول پروانه‌ها و نقش آن‌ها در خرابی پمپ‌ها

دلائل رایج	تأثیر بر عملکرد	نوع عیب
مواد خورنده، انتخاب اشتباه جنس	کاهش بازده، نشت	خوردگی (Corrosion)
ذرات معلق، سیال با رسوب بالا	کاهش دبی، آسیب به یاتاقان‌ها	سایش (Erosion)
نصب نامناسب، ساخت بی‌کیفیت	لرزش، صدای زیاد، خرابی بلبرینگ	بالانس نبودن
تنش‌های حرارتی یا ضربه ناگهانی	خطر شکست کامل پروانه	ترک خوردگی
طراحی نادرست سیستم، افت فشار	خوردگی موضعی، آسیب سریع	کاویتاسیون



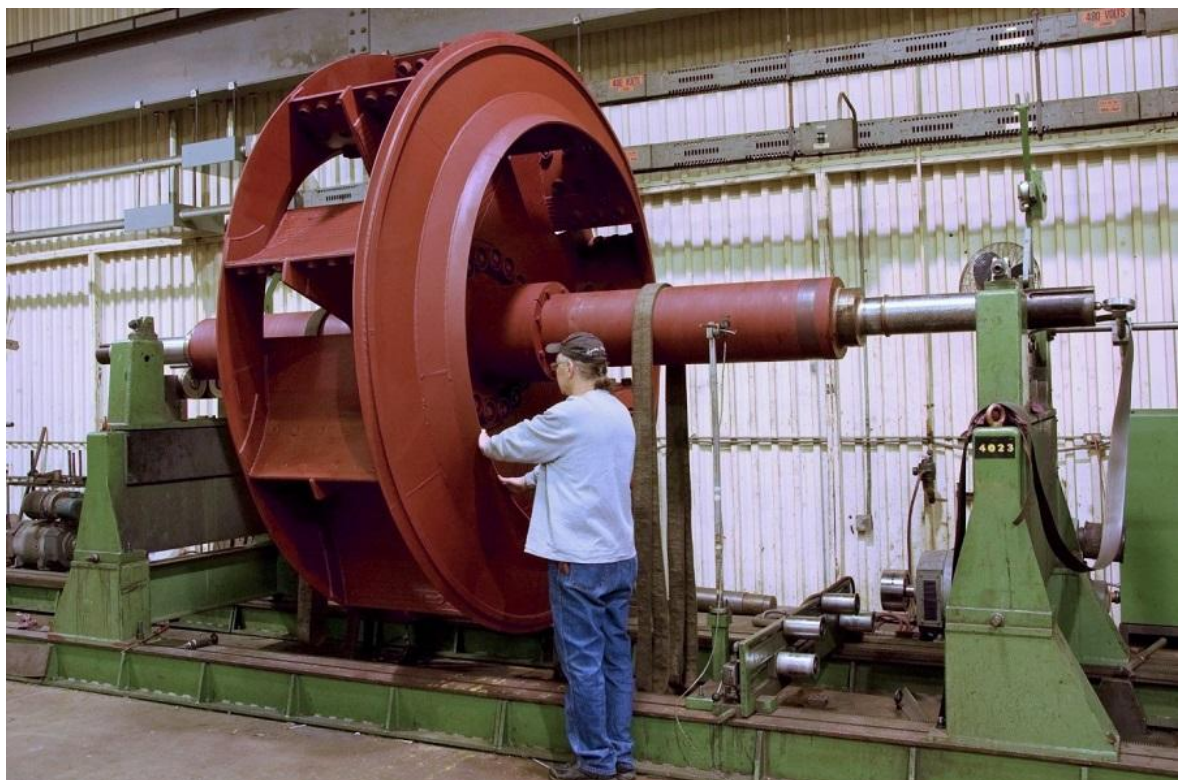
بخش ششم: نگهداری و تعمیرات پروانه‌ها

برای افزایش عمر و بهره‌وری پمپ، نگهداری صحیح از پروانه حیاتی است:

۱. بازرسی دوره‌ای: بررسی ظاهری و ابعادی
۲. تراش و اصلاح پروانه: برای از بین بردن خوردگی سطحی
۳. بالانس دینامیکی: جلوگیری از لرزش و صدای زیاد
۴. جایگزینی در زمان مناسب: وقتی سایش یا ترک از حد مجاز بیشتر شود
۵. ضد خوردگی کردن سطح: با استفاده از پوشش‌های مقاوم یا آبکاری

۶. عیوب رایج پروانه‌ها

دلایل	نشانه‌ها	نوع عیب
سیالات خورنده، PH پایین	حفره، سطح زبر	خوردگی (Corrosion)
ذرات جامد، سرعت بالا	لبه‌های خورده شده	سایش (Erosion)
مونتاژ نامناسب، خمش	لرزش، صدای زیاد	عدم بالانس
شوک حرارتی، فشار ضربه‌ای	صدای ناگهانی، شکست ترک خوردگی	
افت فشار، طراحی نادرست	حباب، حفره در سطح	کاویتاسیون
مسیر سیال	پروانه	



نتیجه‌گیری

پروانه، اگرچه قطعه‌ای به ظاهر ساده است، اما نقش محوری در عملکرد کل سیستم پمپاژ دارد. شناخت دقیق آن، انتخاب درست و نگهداری اصولی می‌تواند جلوی خسارات جدی و توقف‌های ناگهانی را بگیرد. مهندسان، مدیران نگهداری و بهره‌برداران باید نگاه عمیق‌تری به این جزء کلیدی داشته باشند.

تهیه و تدوین : علی منتظرالظهور بهار ۱۴۰۴