

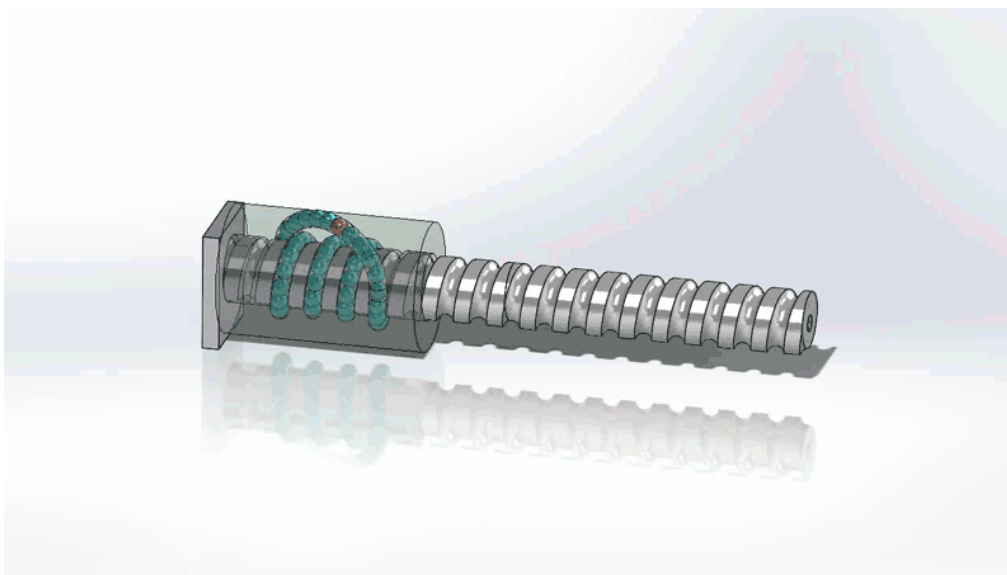
چگونه بال اسکرو مناسب کار خود را انتخاب کنیم؟



بال اسکرو یک عملگر مکانیکی است که برای تبدیل حرکت دورانی به حرکت خطی در بسیاری از مکانیزم ها و دستگاه ها مورد استفاده قرار می گیرد. ویژگی اصلی بال اسکرو که آن را از دیگر عملگرهای خطی متمایز می کند، اصطکاک پایین و اتلاف انرژی بسیار کم در آن است. در این مقاله قصد داریم تا شما را با این ابزار صنعتی و ویژگی های مختلف آن آشنا کنیم.

کاربردهای بال اسکرو

بال اسکرو به دلیل مکانیزم عملکرد خاص آن، توانایی تحمل بارهای سنگین را دارا است. همچنین استفاده از آن در مواردی که نیاز به دقت های بالا است در مقایسه با دیگر عملگرهای خطی توصیه می شود. عمده کاربرد بال اسکرو در هواپیماها و پرتابه ها جهت به حرکت درآوردن سطوح و ابزارهای کنترل مورد استفاده در آن ها است. همچنین در سیستم هدایت و فرمان اتوموبیل ها نیز از آن استفاده می شود. بال اسکرو دارای کاربرد بسیار زیاد در ربات ها و ماشین آلات مکانیکی مختلف نیز هست.

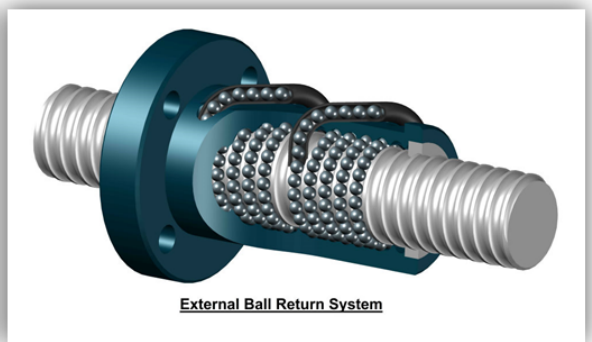
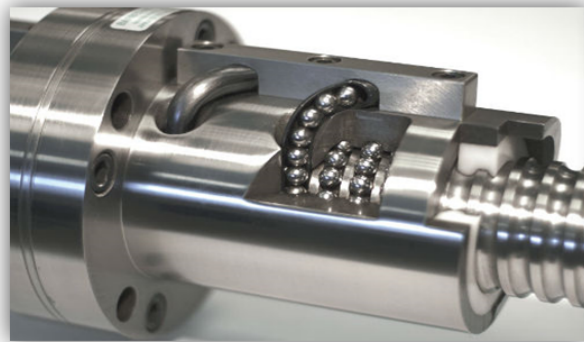
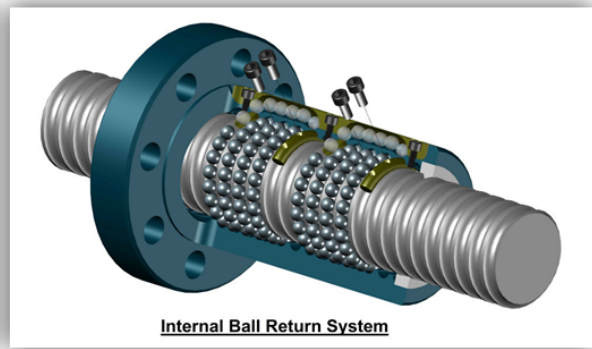


بال اسکرو چگونه کار می کند؟

اجزاء اصلی بال اسکرو یک پیچ و یک مهره هستند که بر روی آن ها شیارهایی مارپیچی و منطبق بر یکدیگر ایجاد شده است. جابجایی مهره بر روی پیچ، مبنای شکل گیری حرکت خطی در بال اسکرو است. اما این حرکت بر اثر تماس مستقیم پیچ و مهره با یکدیگر ایجاد نمی شود. درحقیقت ساختار بال اسکرو به گونه ای است که بین مهره و پیچ و در داخل شیارهای مارپیچ موجود بر روی آن ها، تعدادی ساچمه فلزی قرار داده شده است که تماس بین پیچ و مهره از طریق آن ها شکل می گیرد.



در بال اسکرو، مهره دارای ساختار هندسی و مکانیزم خاصی است که امکان حرکت ساچمه های فلزی را در شیارهای مارپیچ ممکن می کند. در بسیاری از متون تخصصی به این مهره، ball nut می گویند. عملکرد بال اسکرو به این صورت است که با چرخش پیچ و یا مهره، ساچمه های فلزی شروع به حرکت می کنند. این حرکت توسط یک مکانیزم بازگرداننده که بر روی ball nut تعبیه شده است صورت می پذیرد. ساچمه ها پس از جابجایی در فضای مارپیچ بین مهره و پیچ در بال اسکرو، از یک انتهای مهره وارد مکانیزم بازگرداننده شده و از سمت دیگر آن خارج می شوند و مجدد وارد فضای مارپیچ می شوند. به این ترتیب امکان جابجایی پیوسته ساچمه ها و به دنبال آن حرکت مهره در بال اسکرو میسر می شود. در صورتیکه از این مکانیزم بازگرداننده در بال اسکرو استفاده نشود، امکان حرکت پیوسته ساچمه ها وجود نخواهد داشت؛ چراکه با رسیدن آن ها به انتهای ball nut، حرکت مهره متوقف می شود. در بال اسکروها از انواع مختلف مکانیزم های بازگرداننده (داخلی و خارجی و . . .) استفاده می شود.



مزایا و معایب استفاده از بال اسکرو

بال اسکروها نیز مانند دیگر وسایل مکانیکی دارا مزایا و معایبی هستند. به دلیل وجود اصطکاک بسیار پایین، بال اسکروها دارای راندمان مکانیکی بسیار بالا (تا 90 درصد) هستند. این ویژگی در مقایسه با دیگر عملگرهای خطی همچون لیداسکرو آکمه که دارای راندمان 25 درصدی هستند بسیار قابل توجه است. وجود اصطکاک بسیار پایین در بال اسکرو علاوه بر آنکه به بهبود عملکرد سیستم می انجامد، باعث افزایش طول عمر آن و کاهش شدید هزینه های تعمیرات و نگهداری و جایگزینی قطعات می شود.

از مهم ترین معایب بال اسکروها می توان به عدم خود قفل بودن آن ها به دلیل کم بودن اندازه اصطکاک بین پیچ و مهره اشاره کرد. به همین دلیل، برخلاف لیداسکروها که دارای مکانیزمی خود قفل هستند، در بال اسکروها می توان با حرکت دادن خطی مهره، باعث چرخش و دوران پیچ شد. هزینه نسبتا بالا در مقایسه با دیگر عملگرهای خطی و نیاز به روغن کاری دائمی ساچمه ها از دیگر معایب استفاده از بال اسکرو است.

انتخاب بال اسکرو

فاکتورهای مختلفی در انتخاب بال اسکرو مناسب برای هر کار تاثیرگذار هستند. پیش از انتخاب بال اسکرو، لازم است که هر یک از این فاکتورها مورد بررسی قرار گرفته و اهمیت و جایگاه هر یک مشخص شود. عدم توجه به هر یک از این عوامل در انتخاب بال اسکرو می تواند به عدم کارایی مطلوب و عملکرد دور از انتظار سیستم منجر شود. مهم ترین این فاکتورها عبارت اند از :

بار و گشتاور اعمالی به بال اسکرو

در انتخاب بال اسکرو مناسب برای یک مکانیزم، توجه به بار (نیرو) و گشتاور اعمالی بر روی آن بسیار مهم است. آگاهی از اندازه این نیرو و گشتاور، علاوه بر آنکه به انتخاب بال اسکرو کمک می کند، بلکه در انتخاب عملگر ایجاد کننده حرکت دورانی سیستم (موتور) نیز حائز اهمیت است.

مقدار نیروی محوری ایجاد شده، با گشتاور مورد نیاز برای چرخاندن آن از طریق رابطه زیر به یکدیگر مرتبط می شوند:

$$T = \frac{F_a l}{2\pi\eta}$$

در این رابطه، T گشتاور موجود بر روی پیچ بر حسب نیوتون متر، F_a نیروی محوری جلوبرنده برحسب نیوتون، η پیشروی پیچ برحسب متر و l راندمان مورد انتظار بال اسکرو هستند. نیروی جلوبرنده نیز خود از رابطه زیر به دست می آید:

$$F_a = F_M + F_f + F_i + F_g$$

در این رابطه، F_M نیروی ماشین کاری، F_f نیروی اصطکاک، F_i نیروی اینرسی و F_g نیروی گرانش هستند.

انتخاب بال اسکرو باید به گونه ای باشد که به ازای نیروی محوری موجود بر روی آن، رابطه زیر همواره برقرار باشد:

$$C_{oa} \geq f_s F_a$$

در این رابطه، f_s ضریب ایمنی استاتیکی (مطابق جدول زیر) و C_{oa} ضریب بار پایه استاتیکی است که از روی کاتالوگ های انتخابی بال اسکرو قابل دستیابی است. این ضریب برابر با مقدار نیروی محوری است که در صورت اعمال به بال اسکرو، تغییر شکلی معادل با 0.0001 قطر ساچمه های فلزی را در آن ها ایجاد می کند.

Use conditions	f_s (lower limit)
Normal operation	1.0 – 2.0
Operation with impacts and vibrations	2.0 – 3.0

عدم کمانش (Buckling) محور بال اسکرو

ساختار و هندسه بال اسکرو به شکلی است که همواره خطر وقوع کمانش در محور آن (پیچ) وجود دارد. در انتخاب بال اسکرو این مسئله باید مورد توجه قرار بگیرد. افزایش قطر پیچ انتخابی، کمتر در نظر گرفتن پیشروی آن، تعویض جنس و در نهایت تغییر شرایط تکیه گاه های نگهدارنده بال اسکرو از جمله عواملی هستند که می توانند خطر وقوع کمانش در بال اسکرو را به حداقل برسانند. رابطه کمانش به صورت زیر است :

$$P_1 = \frac{\lambda \pi^2 EI}{l_b^2}$$

در این رابطه P_1 نیروی ایجاد کمانش برحسب نیوتون، l_b فاصله بین تکیه گاه ها برحسب متر، E مدول الاستیسیته برحسب پاسکال، I ممان اینرسی سطح مقطع پیچ برحسب m^4 و λ ضریب مربوط به شرایط تکیه گاهی است که برای حالت ثابت-آزاد معادل 0.25 و برای حالت ثابت-ثابت معادل 4 است.

حداکثر سرعت در بال اسکرو

هنگامی که سرعت دورانی و به دنبال آن سرعت حرکت خطی در بال اسکرو از حد مشخصی بیشتر شود، امکان وقوع ارتعاشات بسیار شدید در آن افزایش می یابد که این مسئله می تواند منجر به وارد آمدن آسیب های جدی به آن شود. به همین دلیل این مسئله باید در انتخاب بال اسکرو مورد توجه قرار بگیرد. مقدار سرعت بحرانی بال اسکرو از رابطه زیر به دست می آید:

$$n_c = \frac{60\lambda^2}{2\pi l_b^2} \sqrt{\frac{EI}{\rho A}}$$

$$= \frac{15\lambda^2 d_{tr}}{2\pi l_b^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

در این رابطه، n_c سرعت بحرانی دورانی برحسب دور در دقیقه، l_b فاصله بین تکیه گاه های نگهدارنده بال اسکرو برحسب متر، E مدول الاستیسیته برحسب پاسکال، I

ممان اینرسی سطح مقطع پیچ برحسب m^4 ، چگالی برحسب کیلوگرم بر متر مکعب، A سطح مقطع برحسب متر مربع و f_w ضریب مربوط به شرایط تکیه گاهی است که برای حالت ثابت-آزاد معادل 1.875، ساپورت-ساپورت برابر 3.142، ثابت-ساپورت برابر 3.927 و برای حالت ثابت-ثابت معادل 4.730 است.

علاوه بر آنکه انتخاب بال اسکرو باید به شکلی باشد که سرعت بحرانی در آن به وقوع نپیوندد، این انتخاب باید به گونه ای باشد که رابطه زیر (که به آن ارضای شرط ضریب DN می گویند) نیز در هنگام عملکرد آن برقرار باشد.

$$DN \leq 70000$$

در این رابطه D قطر ساچمه های فلزی برحسب میلی متر و N سرعت حرکت دورانی برحسب دور در دقیقه است.

عمر مفید مورد انتظار از بال اسکرو

عمر مفید بال اسکرو همچون بسیاری از وسایل مکانیکی دیگر به عوامل مختلفی وابسته است. در بال اسکرو معیار عمر مفید تعداد دوران های آن پیش از وقوع خرابی و از کار افتادن است. برای توصیف عمر مفید بال اسکرو می توان از رابطه زیر استفاده نمود:

$$L = \left(\frac{C_a}{f_w F_a} \right)^3 \times 10^6$$

در این رابطه L طول عمر مفید برحسب دور، C_a ضریب بار دینامیکی برحسب نیوتون و f_w ضریب بار (مطابق جدول زیر) هستند.

Use conditions	f_w
Smooth movement without impacts	1.0 – 1.2
Normal movements	1.2 – 1.5
Movement with impacts and vibrations	1.5 – 2.5

ضریب بار دینامیکی یا C_a ، نیرویی است که اگر به مجموعه ای از بال اسکروها به صورت یکسان اعمال شود، حداقل 90 درصد از آن ها عمری بیش از 1 میلیون دور خواهند داشت. مقدار این ضریب از جداول مربوط به انتخاب بال اسکروها قابل دستیابی است.

دقت بال اسکرو

از آنجا که مقدار حرکت خطی مهره را اندازه پیشروی آن تعیین می کند، باید در انتخاب بال اسکرو به آن توجه کرد تا حداقل نیازهای ما را برآورده کند.