

Getriebe

Wenn die Leistung bei stark erhöhtem Drehmoment und entsprechend reduzierter Drehzahl erbracht werden soll, empfiehlt sich ein maxon-Präzisionsgetriebe. Entsprechend der Getriebeuntersetzung reduziert sich die Abgangsdrehzahl, während sich das Abgangsdrehmoment erhöht. Zu dessen genauer Ermittlung ist der Wirkungsgrad zu berücksichtigen.

Programm

- Planetengetriebe
- Stirnradgetriebe
- Koaxdrive
- Micro Harmonic Drive®
- Spindelantriebe

- 1 Abgangswelle
- 2 Befestigungsflansch
- 3 Lagerung der Abgangswelle
- 4 Axialsicherung
- 5 Getriebezwischenplatte
- 6 Zahnrad
- 7 Motorritzel
- 8 Planetenräder
- 9 Sonnenrad
- 10 Planetenträger
- 11 Hohlrad

Stirnradgetriebe

Das Getriebe besteht aus einer oder mehreren Stufen. Eine Stufe stellt die Paarung zweier Zahnräder dar. Das erste Zahnrad (Ritzel) ist direkt auf der Motorwelle montiert. Die Lagerung der Abgangswelle besteht im Normalfall aus Sintermaterial.

- Preisgünstig
- Für kleine Drehmomente
- Abgangsdrehmoment bis 2 Nm
- Untersetzungen von 6:1 bis 5752:1
- Aussendurchmesser 12 - 45 mm
- Geringe Geräusentwicklung
- Hoher Wirkungsgrad

- Zur Übertragung hoher Drehmomente bis 180 Nm
- Untersetzungen von 4:1 bis 6285:1
- Aussendurchmesser 6 - 81 mm
- Hohe Leistung auf kleinstem Raum
- Hohe Untersetzung auf kleinstem Raum
- Konzentrischer Getriebeeingang und -ausgang

Planetengetriebe

Planetengetriebe eignen sich besonders zur Übertragung hoher Drehmomente. In der Regel sind die grösseren Getriebe mit Kugellager am Getriebeabgang ausgerüstet.

Koaxdrive

Das geräuscharme Koaxdrive ist eine Kombination aus Schnecken- und Planetengetriebe. In der ersten Stufe treibt eine separat gelagerte Schnecke die drei schräg gestellten Planetenräder an. Diese greifen wiederum in ein speziell verzahntes Hohlrad. Alle weiteren Stufen sind wie ein normales Planetengetriebe aufgebaut.

- geräuscharm
- hohe Untersetzung in der ersten Stufe
- weitere Eigenschaften wie Planetengetriebe

Umrechnung

Die Umrechnung von Drehzahl und Drehmoment des Getriebeabgangs (n_B, M_B) auf die Motorwelle (n_{mot}, M_{mot}) gehorcht folgenden Gleichungen:

$$n_{mot} = i \cdot n_B$$

$$M_{mot} = \frac{M_B}{i \cdot \eta_G}$$

dabei ist:

- i: Getriebeuntersetzung
- η_G : Getriebewirkungsgrad

Auswahl der Getriebe

Wie für den Motor, so gelten auch für Getriebe Einschränkungen bezüglich Drehzahl und Drehmoment. Das Betriebsdrehmoment muss unterhalb des Nennmoments (max. Dauerdrehmoment) des Getriebes $M_{N,G}$ liegen.

$$M_{N,G} > M_B$$

Bei Kurzzeitbelastungen kann auch das Kurzzeitdrehmoment des Getriebes mit einbezogen werden.

Man beachte, dass das Nennmoment (max. Dauerdrehmoment) der Getriebe von der Anzahl der Stufen abhängt.

Die Eingangsdrehzahl des Getriebes $n_{max,G}$ sollte möglichst nicht überschritten werden. Damit ist bei gegebener Betriebsdrehzahl die maximal mögliche Untersetzung i_{max} beschränkt. Für die Auswahl der Untersetzung i gilt somit

$$i \leq i_{max} = \frac{n_{max,G}}{n_B}$$

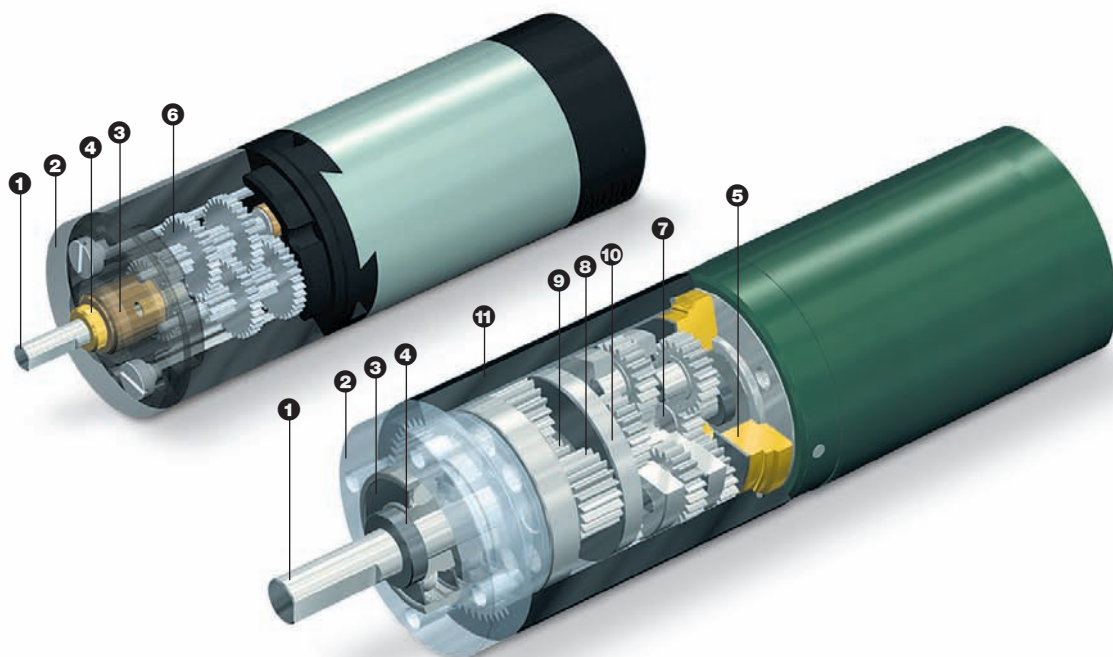
Ist das Getriebe ausgewählt, dienen die auf die Motorachse zurückgerechneten Daten (n_{mot}, M_{mot}) zur Motorauswahl. Das maxon-Baukastensystem definiert die passenden Motor-Getriebe-Kombinationen.

Stirnradgetriebe



Planetengetriebe





Lebensdauer

In Dauerbetrieb bei maximal zulässiger Belastung und maximal empfohlener Eingangsdrehzahl erreichen die Getriebe in der Regel 1000 bis 3000 Betriebsstunden. Werden diese Grenzwerte nicht ausgereizt, verlängert sich die Lebensdauer beträchtlich.

Beeinflussend sind:

- Überschreiten der maximalen Drehmomente kann zu erhöhtem Verschleiss führen.
- Lokale Temperaturspitzen im Bereich des Zahneingriffs können das Schmiermittel zerstören.
- Massives Überschreiten der Getriebeeingangsdrehzahl reduziert die Lebensdauer.
- Radiale und axiale Belastung der Lager.

Temperatur / Schmierung

maxon-Getriebe sind auf Lebensdauer geschmiert. Die verwendeten Schmiermittel sind im empfohlenen Temperaturbereich besonders effektiv. Bei höheren oder tieferen Betriebstemperaturen geben wir Empfehlungen für Spezial-Schmiermittel.

Materialien

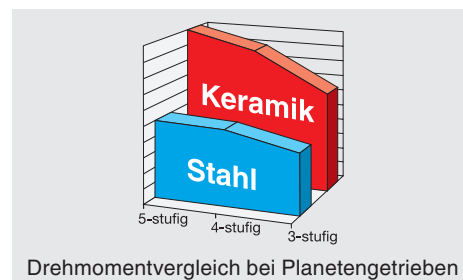
Keramik

In Getrieben werden vermehrt Bauteile aus Keramik eingesetzt. Dadurch kann das Verschleissverhalten kritischer Komponenten deutlich verbessert werden.

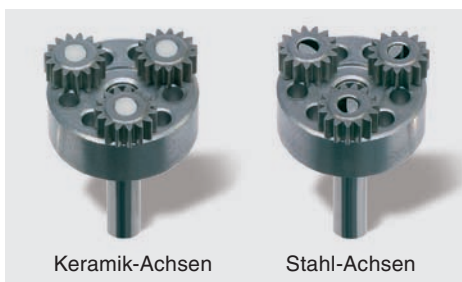
Als Resultat ergeben sich:

- Höhere Lebensdauer
- Höhere Dauerdrehmomente
- Höhere Kurzzeitdrehmomente
- Höhere Eingangsdrehzahlen

Profitieren auch Sie von hightech Keramikbauteilen, die sich in der maxon-Antriebstechnik millionenfach bewährt haben (siehe auch Seiten 362–365).



Bei Planetengetrieben mit Keramikachsen erzielt man deutlich höhere Drehmomente als mit Stahlachsen, da die Verschleissfestigkeit der Keramikachsen deutlich höher liegt als die von Stahlachsen.



Bei gleichen Laufzeiten zeigen Keramikachsen praktisch keinen Verschleiss, während Stahlachsen einen hohen Abrieb aufweisen.

Kunststoff

Kostengünstige und trotzdem kompakte Antriebe können mit Planetengetrieben aus Kunststoff realisiert werden. Die mechanische Belastbarkeit ist etwas kleiner als bei Metallausführungen, liegt aber deutlich höher als bei Stirnradgetrieben.

Weitere Ergänzungen siehe Seite 201 oder im Buch «Auslegung von hochpräzisen Kleinstantrieben» von Dr. Urs Kafader.

Gears

If mechanical power is required at a high torque and correspondingly reduced speed, a maxon precision gear is recommended. According to the gear ratio the output speed is reduced while the output torque is enhanced. For a more precise determination of the latter, efficiency must be taken into consideration.

Program

- Planetary gearhead
- Spur gearhead
- Koaxdrive
- Spindle drives

- ❶ Output shaft
- ❷ Mounting flange
- ❸ Bearing of the output shaft
- ❹ Axial security
- ❺ Intermediate plate
- ❻ Cogwheel
- ❼ Motor pinion
- ❸ Planetary gearwheel
- ❹ Sun gearwheel
- ❶ Planet carrier
- ❶ Internal gear

Spur gearhead

The gear consists of one or more stages. One stage represents the pairing of two cogwheels. The first cogwheel (pinion) is mounted directly on the motor shaft. The bearing of the output shaft is usually made of sintered material.

- Favorably priced
- For low torques
- Output torque up to 2 Nm
- Reduction ratios of 6:1 to 5752:1
- External - Ø12 - 45 mm
- Low noise level
- High efficiency

Planetary gearhead

Planetary gears are particularly suitable for the transfer of high torques. Large gearheads are normally fitted with ball bearings at gearhead output.

- For transferring high torques up to 180 Nm
- Reduction ratios of 4:1 to 6285:1
- External diameter 6 - 81 mm
- High performance in a small space
- High reduction ratio in a small space
- Concentric gear input and output

Koaxdrive

The quiet “Koaxdrive” combines worm and planetary gearing. In the first stage, a separately mounted worm drives the three offset planetary wheels which then mesh in the specially toothed internal geared wheel. All further stages are designed as a normal planetary gear:

- quiet
- high reduction ratio in the first stage
- other properties as planetary gears

Conversion

The conversion of speed and torque of the gear output (n_B , M_B) to the motor shaft (n_{mot} , M_{mot}) follows the following equations:

$$n_{mot} = i \cdot n_B$$

$$M_{mot} = \frac{M_B}{i \cdot \eta_G}$$

where:

- i: reduction
- η_G : Gearhead efficiency

Selection of gears

As with motors, speed and torque limits also apply to gearheads. Operating torque must be below gearhead $M_{N,G}$ nominal torque (max. continuous torque).

$$M_{N,G} > M_B$$

With short-term loads, the intermittent torque of the gear should also be taken into consideration.

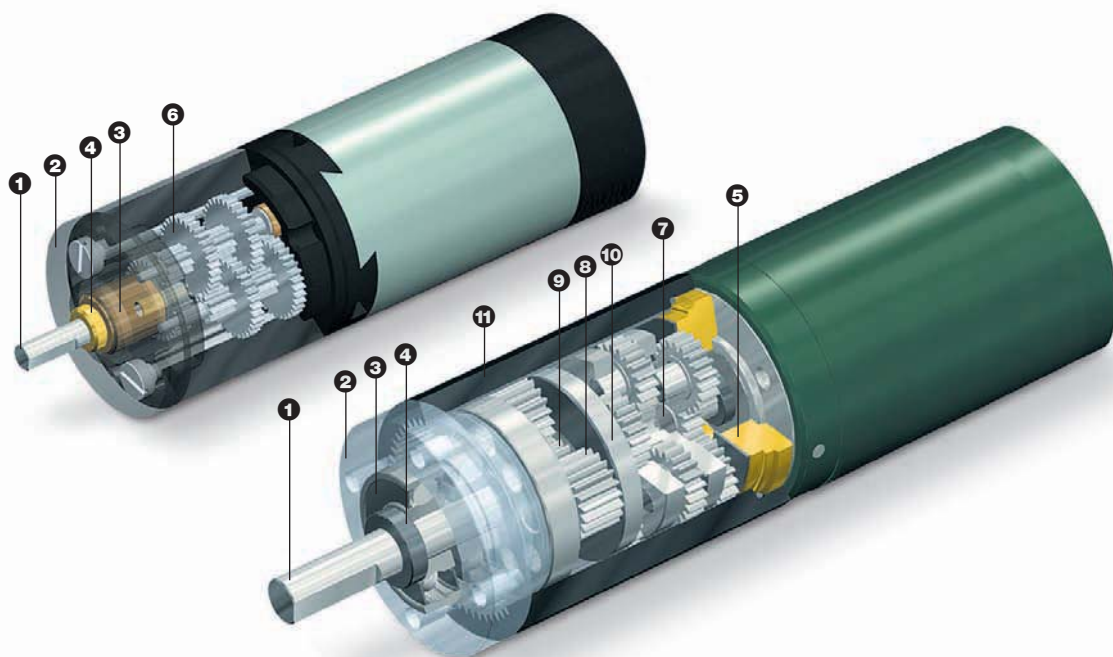
Note that the nominal torque (continuous torque) of the gear is dependent on the number of stages.

Where possible, the input speed of the gear i_{max} should not be exceeded. This limits the maximum possible reduction i_{max} at a given operating speed. The following applies to the selection of the reduction i

$$i \leq i_{max} = \frac{n_{max,G}}{n_B}$$

If the gear is selected, the data converted to the motor axis (n_{mot} , M_{mot}) are used to select the motor. The maxon modular system defines the proper motor-gear combinations.





Service life

The gears usually achieve 1000 to 3000 operating hours in continuous operation at the maximum permissible load and recommended input speed. Service life is significantly extended if these limits are not pushed.

The following have an influence:

- Exceeding maximum torque can lead to excessive wear.
- Local temperature peaks in the area of tooth contact can destroy the lubricant.
- Massively exceeding the gear input speed reduces the service life.
- Radial and axial loads on the bearing.

Temperature / lubrication

maxon gears are lubricated for life. The lubricants used are especially effective in the recommended temperature range. At higher or lower operating temperatures we offer recommendations for special lubricants.

Materials

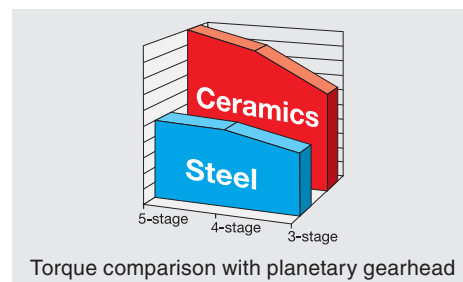
Ceramics

Ceramic components are increasingly used in planetary gears, as they can significantly improve the wear characteristics of critical components.

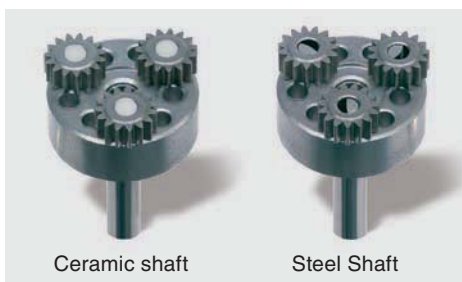
This results in:

- Longer service life
- Higher continuous torques
- Higher intermittent torques
- Higher input speeds

You can also benefit from high-tech ceramic components that have proved their worth millions of times over in maxon's drive technology (see also pages 362–365).



Planetary gearheads with ceramic axes can achieve much higher torques than with steel axes, as ceramic axes are much more wear-resistant than steel ones.



Unlike steel axes which demonstrate high levels of wear and tear, ceramic axes show almost none over the same running time.

Plastic

Favorably priced and yet compact drives can be realized with plastic gears. The mechanical load is slightly smaller than that of metal designs, however, it is significantly higher than that of spur gears.

For further explanations, please see page 201 or "The selection of high-precision microdrives" by Dr. Urs Kafader.

maxon gear

Tecnología – breve y conciso

Reductores

Si se requiere potencia mecánica de alto par y con la correspondiente reducción de velocidad, se recomienda una reductora de precisión maxon. Dependiendo de la relación de reducción, se reduce la velocidad de salida mientras que aumenta el par. Para determinar este par con precisión, se ha de tener en cuenta el rendimiento de la reductora.

Cálculo de la reducción

La conversión de velocidad y par en el eje de salida de la reductora (n_L, M_L) con respecto al eje del motor (n_{mot}, M_{mot}) sigue las siguientes ecuaciones:

$$n_{mot} = i \cdot n_L$$

$$M_{mot} = i \cdot \frac{M_L}{i \cdot \eta}$$

donde:

- i: Relación de reducción
- η : Rendimiento reductora

Vida útil

Los reductores normalmente alcanzan entre 1000 y 3000 horas de funcionamiento continuo a la máxima carga permitida y a la velocidad de entrada recomendada. La vida útil se verá significativamente aumentada si no se sobrepasan esos límites.

Si no se llega al límite de velocidad de giro, el reductor podrá soportar mayores pares de fuerza sin menoscabo de su vida útil. A la inversa, podrá optarse por velocidades más altas y, con ello, mayores relaciones de reducción, en caso de que no se alcancen los límites del par de fuerza.

Los siguientes factores afectan a la vida útil:

- Sobrepasar el máximo par puede conducir a un desgaste excesivo.
- Las subidas de temperatura local en la zona de contacto de los dientes puede destruir el lubricante.
- Los grandes excesos en la velocidad de entrada de la reductora acortan su vida útil.
- Las cargas radiales y axiales sobre el rodamiento.

Temperatura/lubricación

Los reductores maxon están engrasadas de por vida. Los lubricantes utilizados son especialmente eficientes a la temperatura recomendada. Para otras temperaturas de trabajo recomendamos lubricantes especiales.

Programa

- Reductores planetarios
- Reductores de engranaje recto
- Koaxdrive
- Husillos

Selección de reductores

En la selección del reductor, en primer lugar hay que observar el límite de máxima potencia entregable, es decir, el producto de la velocidad de giro por el par. Hay que tener en cuenta que esta potencia transmisible depende del número de etapas del reductor.

El par de carga debería estar por debajo del par nominal (par máx. continuo) del reductor $M_{N,G}$.

$$M_{N,G} \geq M_L$$

Para picos de carga puntuales, también se puede tener en cuenta el par intermitente del reductor.

La velocidad máxima de entrada de la reductora $n_{max,g}$ también debe respetarse. Esto limita la máxima reducción posible i_{max} para una determinada velocidad de trabajo. En la selección de la reducción se aplica lo siguiente:

$$i \leq i_{max} = \frac{n_{max,g}}{n_L}$$

Una vez seleccionada la reductora, recalculando los datos en el eje del motor (n_{mot}, M_{mot}) se puede escoger el motor. El sistema modular maxon define las posibles combinaciones entre motores y reductoras.

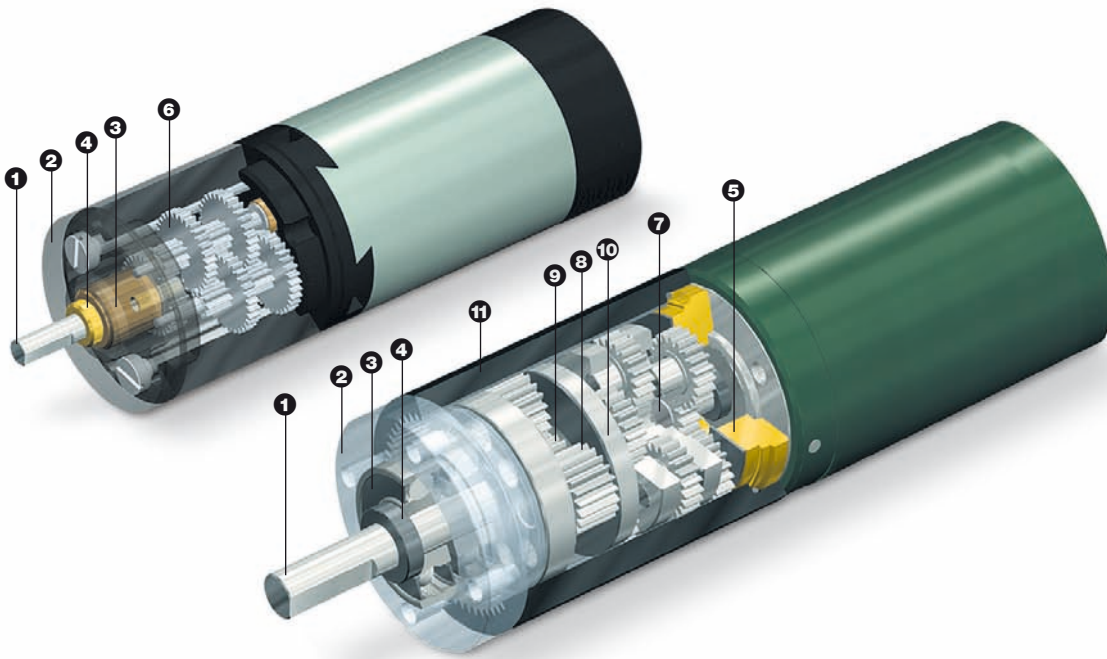
- 1 Eje de salida
- 2 Brida de montaje
- 3 Rodamiento del eje de salida
- 4 Retención del eje
- 5 Brida acoplamiento
- 6 Rueda
- 7 Piñón motor
- 8 Piñón planetario
- 9 Piñón central
- 10 Soporte planetarios
- 11 Corona interior

Reductores de engranaje recto

Reductores de una o varias etapas de reducción. Cada par de engranajes representa una etapa, mientras que la primera rueda (piñón) se monta en el eje del motor. Normalmente los cojinetes de salida son de bronce sinterizado.

- Precio favorable
- Bajo par
- Pares de salida hasta 2 Nm
- Relaciones de reducción desde 6:1 hasta 5752:1
- Diámetro externo 12 - 45 mm
- Ruido reducido
- Alta eficiencia





Reductor planetario

Los reductores planetarios son particularmente adecuados en la transmisión de pares elevados. Normalmente los reductores más grandes llevan rodamientos a bolas en el eje de salida.

- Pares de salida hasta 180 Nm
- Relaciones de reducción desde 4:1 hasta 6285:1
- Diámetro externo de 6–81 mm
- Altas prestaciones en espacio reducido
- Elevadas reducciones en poco espacio
- Salida y entrada de ejes concéntrica

Versión en plástico

Gracias a los engranajes de plástico se consiguen reductores compactos y a precio razonable. La resistencia mecánica es un poco más baja que en las de metal pero mucho más alta que en los reductores de engranaje recto.

Versión en cerámica

Utilizando piezas cerámicas en los reductores puede mejorarse claramente el comportamiento de desgaste de componentes esenciales. Comparándolos con los reductores totalmente metálicos, se obtiene como resultado:

- Vida útil más larga
- Pares más elevados
- Pares intermitentes más elevados
- Velocidades de entrada más altas

Reductores de alto rendimiento

- Es posible obtener pares de salida particularmente altos en la etapa de salida de sistemas planetarios mediante las siguientes medidas
- Utilización de componentes cerámicos
 - 4 piñones planetarios en vez de 3 en la etapa de salida
 - Apoyo adicional de la etapa de salida, lado del motor
 - Refuerzo de los rodamientos de salida

Reductores de servicio intensivo

Los reductores de servicio intensivo HD (Heavy Duty) se caracterizan por su robusta construcción. El uso de acero inoxidable y las óptimas uniones por soldadura permiten su uso en las condiciones más extremas.

Reductor de juego reducido

La reducción del juego u holgura se consigue mediante un sistema patentado de pretensado de los piñones planetarios de la etapa de salida. Aunque se genere desgaste durante el funcionamiento, el juego del reductor se mantiene constantemente bajo; esto contrasta con otros reductores en los que la reducción del juego se obtiene mediante una fabricación con baja tolerancia y combinación de materiales.

Reductores esterilizables

Los reductores esterilizables se caracterizan por el uso de acero inoxidable y lubricantes especiales. El rodamiento del eje de salida y la conexión al motor se han realizado de tal forma que impide la entrada de líquido al reductor.

Koaxdrive

Reducción de ruido

- Los ruidos se generan principalmente en la etapa de entrada del reductor. Las siguientes medidas contribuyen a atenuar el ruido:
- bajos regímenes de entrada y, con ello, baja velocidad relativa de los flancos de los dientes
 - etapa de entrada con engranajes de plástico
 - utilización de un reductor Koaxdrive

La silenciosa «Koaxdrive» está compuesta por un tornillo sin fin corona y una reductora planetaria. En la primera etapa un tornillo sin fin acciona los 3 piñones planetarios que engranan en la corona interior. Las etapas posteriores son iguales a las de una reductora planetaria.

- silenciosa
- alta relación de reducción en la primera etapa
- el resto de propiedades son como las de una planetaria

