

Los materiales de fricción para discos de embrague.

El proceso de transmisión de par en los embragues de fricción está controlado en gran medida por las cualidades del material de fricción en el disco de embrague y que roza con el volante motor y el disco de presión. Las principales características del comportamiento tribológico de los materiales en contacto deben ser:

- *Ambos materiales en contacto deben tener un alto coeficiente de fricción. Un elevado valor de este parámetro permite minimizar la presión necesaria para conseguir la transmisión de par.*
- *Los materiales en contacto deben resistir los efectos de desgaste, punzonamiento, ablación y formación de microsoldaduras.*
- *El valor del coeficiente de fricción debe ser constante sobre un rango de temperaturas y presiones adecuado.*
- *Los materiales deben ser resistentes a las condiciones atmosféricas y ambientales (humedad, presión, contaminación, partículas de polvo...).*
- *Los materiales deben poseer buenas propiedades térmicas: alta conductividad térmica, baja inercia térmica y adecuada resistencia a las altas temperaturas.*
- *Capacidad para soportar elevadas presiones de contacto.*
- *Buena resistencia a esfuerzos cortantes transmitidos por la fricción de los elementos.*
- *Materiales de fabricación y uso seguros, y aceptables para el medio ambiente (algo que cada vez cobra más importancia).*
- *Debe tener una vida útil de hasta cientos de miles de kilómetros.*

Por tanto, se infiere que el embrague es un sistema que debe ser capaz de transmitir pares que en ocasiones pueden ser muy grandes, y hacerlo de modo adecuado bajo condiciones muy adversas, cumpliendo además severos requisitos.



4. Materiales de fricción.

El presente punto se centra en describir la evolución histórica de los materiales de fricción utilizados en los embragues de automoción, así como los materiales actuales disponibles. Por último, centrándose más en la competición, se indican los materiales adecuados en función del tipo de vehículo y disciplina.



Figura 18. Materiales de fricción.

4.1. Evolución histórica.

El cuero constituyó, durante muchos años y desde el inicio de la automoción, el material de rozamiento más empleado, pero tenía el problema de un calentamiento rápido y su gran sensibilidad al aceite y a la humedad, por lo que nunca garantizaba un funcionamiento constante.

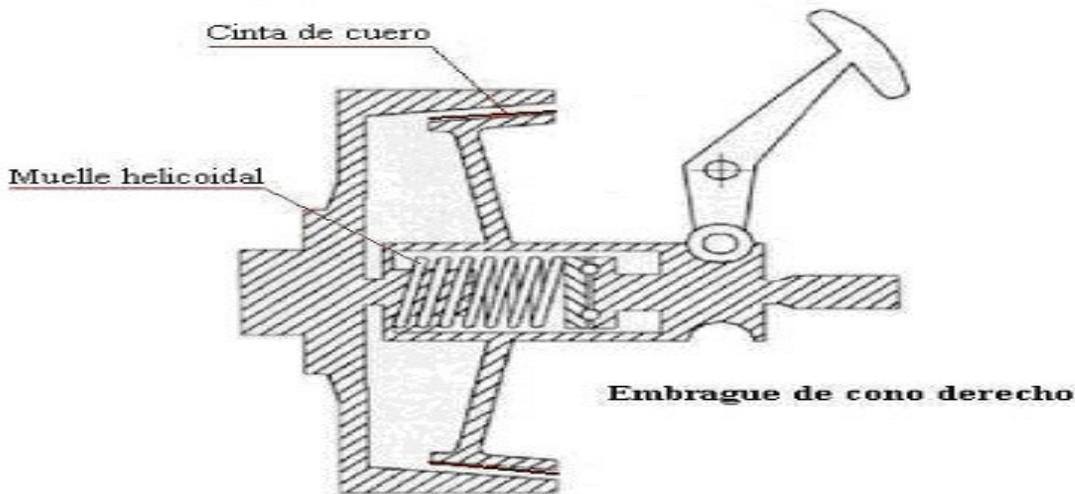


Figura 19. Primeros embragues de cuero.

Hacia 1920, la fabricación y difusión de los forros de embrague de aglomerado de amianto permitió obtener elevados coeficientes de rozamiento (de más de 0.3) y alcanzar elevadas temperaturas sin perjuicio para los propios forros, lo que permitió el éxito definitivo de un tipo de embrague que había sido introducido ya a principios de siglo por De Dion Bouton.

El éxito del embrague monodisco en seco se debió, en gran parte, a la empresa británica Ferodo, que anteriormente había construido forros de rozamiento a base de conglomerado de amianto y cobre para el frenado. Dicho material demostró su capacidad de resistencia a elevadas temperaturas y presiones, necesarias para un embrague monodisco. No obstante, pronto surgieron dudas acerca de la idoneidad de este material.

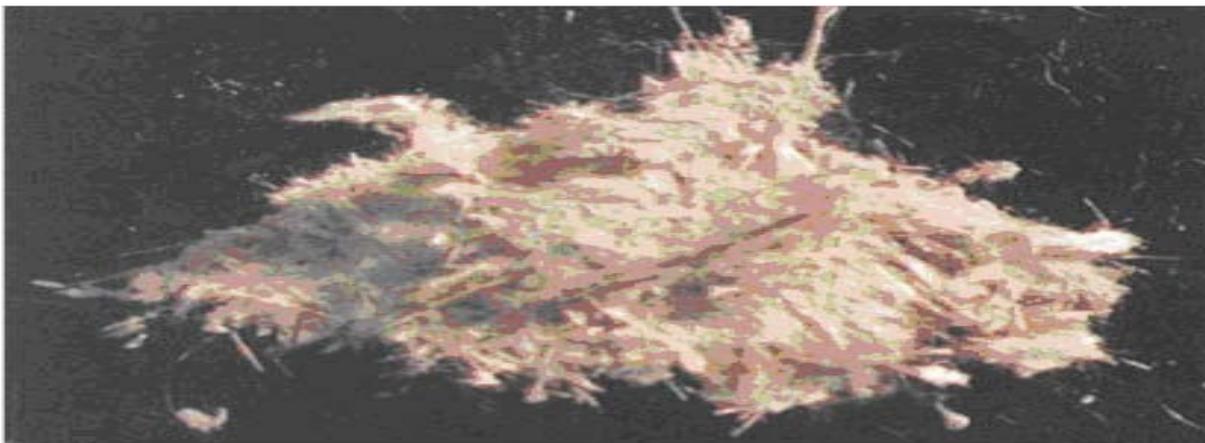


Figura 20. Fibras microscópicas de amianto. Muy nocivas al ser inhaladas.

Los primeros discos de embrague eran sencillos, consistiendo básicamente en una sección de cono que mantenía su posición gracias a un muelle, adecuadamente tarado, y sobre los que se atornillaba el forro de cuero y, posteriormente, de aglomerado de amianto, como se observa en la figura 19.

No obstante, este embrague monodisco en seco no resultó satisfactorio hasta pasados los años 30 debido a la aparición de una serie de inconvenientes.

residía en que el contacto en el disco no era completamente plano, puesto que era suficiente un pequeño juego en el **4.2. Materiales actuales.**

En la actualidad se dispone de un amplio rango de materiales de fricción disponibles en función de las necesidades específicas del vehículo por potencia y uso.

En cuanto a las partes estructurales del embrague, incluido el volante motor y el plato de presión sobre el que fricciona el material del disco de embrague, se utiliza fundición de hierro, aluminio (volante) o acero convencionalmente, y aleaciones especiales de acero, titanio o carbono (carcasa) en la alta competición.

Se detallan a continuación los materiales disponibles y sus características principales. En cada uno de ellos se incluye información técnica de una variante concreta, a modo de ejemplo, dentro del catálogo de productos de la empresa Protec. Friction Supply.

Posteriormente, se realizará un análisis del material de fricción más adecuado para usos concretos dentro y fuera de la competición.

4.2.1. Orgánicos.

Fibras de metal entre tejido compactado de aramida (poliamida aromática, con estructura química perfectamente regular cuyos anillos aromáticos dan como resultado las moléculas del polímero con las propiedades de una cadena razonablemente rígida, estable mecánicamente y muy tenaz) o fibra de vidrio y aglutinado mediante resinas poliméricas. De accionamiento suave y progresivo, larga vida útil, amplio rango de temperaturas de trabajo y período de desgaste inicial casi nulo.

Todo material de fricción, como puede observarse en la figura 21., presenta en su ciclo de vida un período inicial de funcionamiento diferente con respecto a su funcionamiento normal, en el que el desgaste generado, así como las temperaturas alcanzadas, son mayores y, por lo tanto, la presión aplicada debe disminuirse.

Que dicho período inicial sea mínimo es determinante de la calidad e idoneidad del producto.

Figura 21. Ciclo de vida del material de fricción.

Los forros con este material soportan usos intensos, si bien son intolerantes al uso abusivo repetido (sobrecalentamiento). Retornan a condiciones óptimas de funcionamiento tras sufrir sobrecalentamiento. El material es de color marrón oscuro o negro, con las fibras de metal visibles. El metal empleado es cobre o latón.

Figura 22. Coeficiente de fricción de material orgánico.



Tabla 1. Propiedades de material orgánico Thermofiber 2020 (Protec).

4.2.2. Kevlar.

El kevlar (poliparafenileno tereftalamida) es una amida sinterizada por la empresa DuPont. Las fibras de este compuesto presentan altas prestaciones mecánicas por la orientación perfecta de las moléculas del polímero, destacando principalmente su resistencia a tracción y a cizalladura.

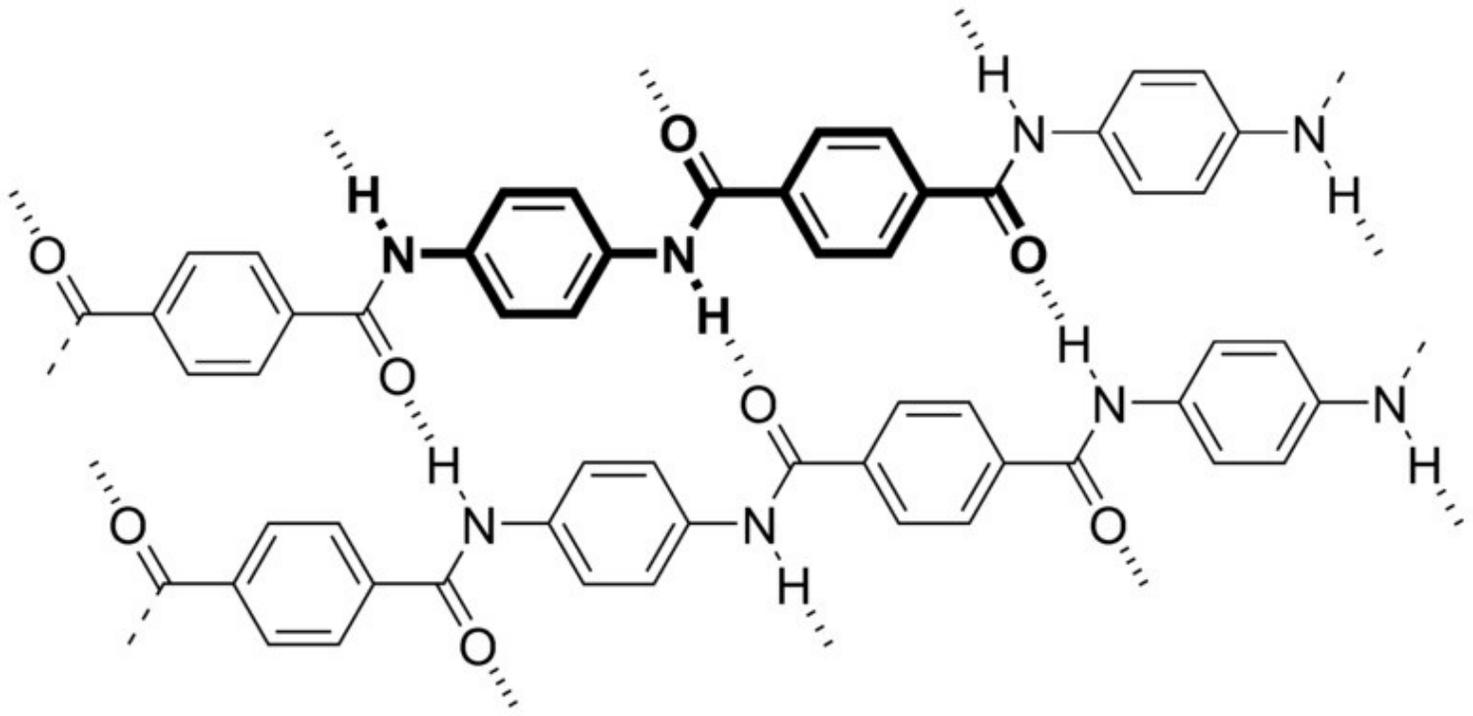


Figura 25. Coeficiente de fricción kevlar.

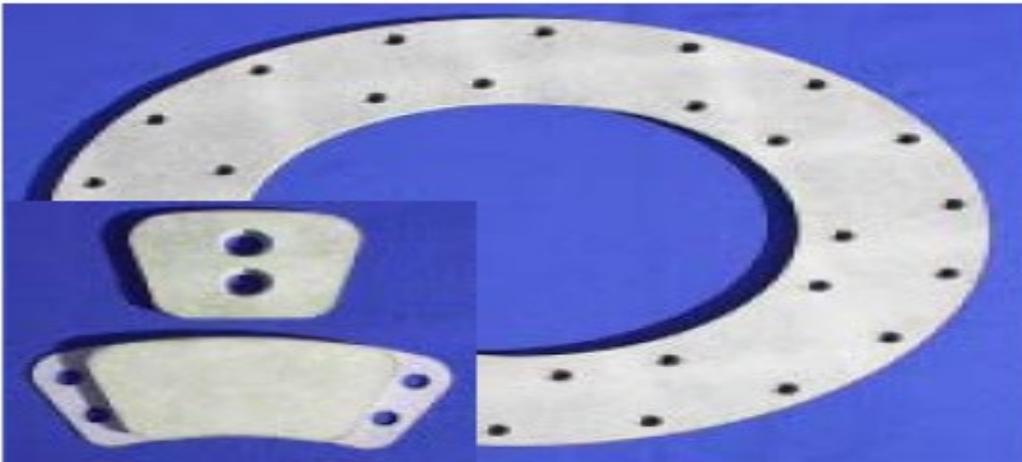


Figura 26. Forro de embrague de kevlar.

4.2.3 Carbocerámicos.

Usualmente encontrados en sistemas multidisco, donde se producen elevados deslizamientos, son capaces de soportar temperaturas muy elevadas. Soportan potencias por encima de los 500 caballos. La conexión es más abrupta y, además, erosionan el material del volante motor y disco de presión más rápidamente.

El carbono, formando fibras obtenidas por termólisis de fibras de poliacrilato, presenta una durabilidad ligeramente mayor, menor peso y menor capacidad de erosión, mientras que el material cerámico soporta temperaturas mayores y presenta mayor rigidez. Ambos pueden

encontrarse por separado formando las pastillas de embrague, de carbono o cerámicos, aunque la tendencia actual es a combinarlos formando el tipo de material aquí expuesto.

El diseño multi-disco puede resultar en un comportamiento ligeramente vibratorio en el embragado.

El rango de colores, abarca matices claros como el gris, rosa o marrón.

Figura 27. Coeficiente de fricción material carbocerámico.

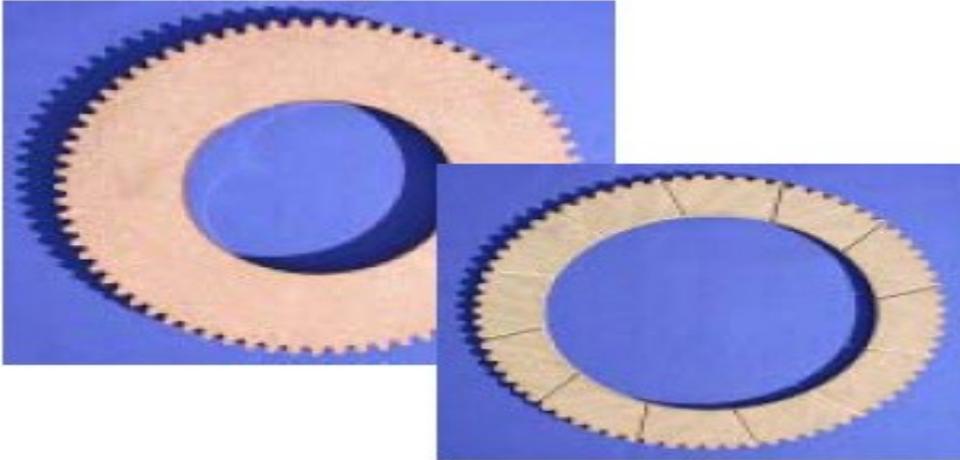


Tabla 3. Propiedades de material carbocerámico

4.2.6. Metal sinterizado.

Capaces de soportar temperaturas extremadamente altas, y potencias por encima de los 700 caballos. El funcionamiento es digital, on/off.

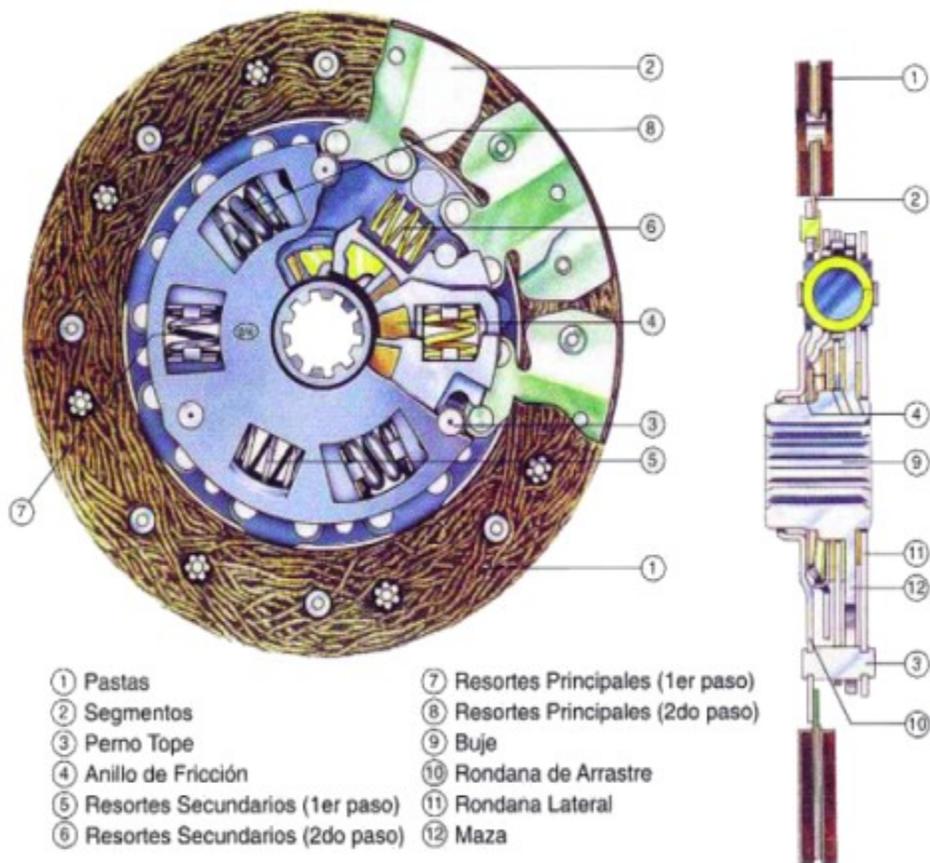
Requiere material especial en la superficie del volante motor.

El color es marrón o negro, en función del metal utilizado. Los dos más usuales son el latón, y principalmente el hierro.

Los segmentos del forro se fabrican mediante sinterización, es decir, compresión en prensa, de polvo del metal en el interior de un molde con la forma adecuada, y el posterior tratamiento en horno de la pieza generada. Es usual añadir al polvo de metal polvo de zinc, latón (en el caso de segmentos de acero) o polvos cerámicos (materiales ceraméticos) para mejorar la conductividad térmica y la resistencia a abrasión.

Los embragues de metal sinterizado y, particularmente, los carbocerámicos, se diseñaron para aplicaciones donde la calidad del desembragado y la comodidad son aspectos secundarios frente a la capacidad de transmisión de par. Su funcionamiento extremadamente abrupto puede dañar, además, otros componentes de la transmisión, incluyendo rodamientos y juntas.

Figura 30. Segmento de latón sinterizado con polvos cerámicos.



El Embrague

Embrague Mecánico

Los movimientos del pedal del embrague son transmitidos al embrague usando un cable. (Fig. 1)

Embrague Hidráulico

Los movimientos del pedal del embrague son transmitidos al embrague por presión hidráulica. Una varilla de empuje conectada al pedal de embrague genera presión hidráulica en el cilindro maestro cuando el pedal es presionado y esa presión hidráulica desconecta el embrague. (Fig. 2)

Arrastre del Embrague (deslizamiento o patinaje)

Si el embrague esta gastado, la **presión de** la placa del embrague se separa del disco del embrague. Esto origina que el disco gire junto con el volante igualmente cuando no hay presión del rodamiento sobre este.

Configuración

El mecanismo de embrague consiste en la unidad del embrague propiamente, la cual transmite la potencia del motor y desengancha éste desde la trasmisión. La unidad de embrague puede

dividirse en el disco, que transmite la potencia por medio de la fuerza de fricción y la cubierta de embrague, que es integrada con la placa de presión (plato opresor) y el resorte. El mecanismo de operación consiste en una horquilla/rodamiento de desembrague que transmite el movimiento del pedal del embrague al resorte interior de la cubierta del embrague. Fig 3

Disco de Embrague

Este es un disco redondo posicionado entre el volante en el lado del motor y la placa de presión interior de la cubierta del embrague. El material de fricción es fijado al exterior de la [circunferencia](#) y a ambos lados y una muesca es provista en el centro para fijar el [eje](#) de la transmisión. Además, resortes o jebes son provistos para absorber y suavizar el impacto cuando la potencia es transmitida al centro. Fig 4

Cubierta de Embrague

La cubierta de embrague empuja la placa de presión contra el disco de embrague para transmitir la potencia y para desenganchar el embrague. Un tipo usa varios [resortes](#) en espiral y otro tipo usa resorte de diafragma simple (resorte de placas).

Resorte de Diafragma

Este es un resorte de placas que tiene que empujar al disco de embrague contra el volante. Comparado a un resorte espiral, este tipo tiene las siguientes características:

- Puede aligerar la fuerza requerida para presionar al pedal del embrague.
- Empuja contra la placa de presión uniformemente.
- Su fuerza no disminuye durante el manejo a alta velocidad.
- El número de piezas en la unidad de embrague puede ser guardado en minoría.

Placa Presionadora (plato opresor)

Este es un anillo de hierro que presiona el disco de embrague contra el volante usando el resorte en la cubierta de embrague. La superficie que pega contra el disco de embrague es plana. Esta placa es hecha de un material que tiene excelente resistencia al calor y resistencia al desgaste. Fig 5

Cojinete de Desenganche del Embrague (collarín)

El cojinete de desenganche del embrague es movido atrás y adelante, por la horquilla de desembrague, que recibe el movimiento del pedal del embrague. Este opera el resorte interior de la cubierta del embrague, luego causa el desenganche del embrague.

Partes

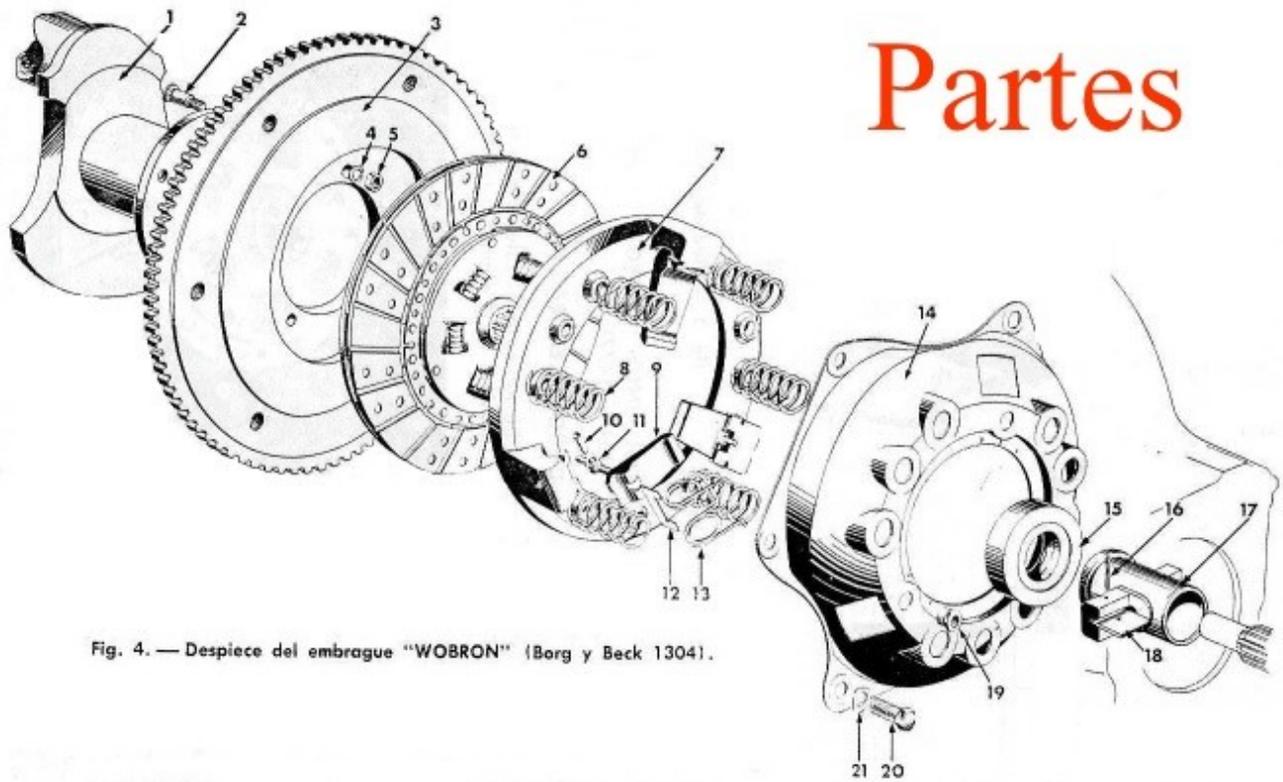


Fig. 4. — Despiece del embrague "WOBRON" (Borg y Beck 1304).

1. CIGÜEÑAL
2. BULON
3. VOLANTE DEL MOTOR
4. ARANDELA GROVER
5. TUERCA
6. DISCO DE EMBRAGUE
7. PLACA DE PRESION

8. RESORTE DE TENSION
9. PALANCA DE DESEMBRAGUE
10. PERNO FLOTANTE
11. BULON-OJO
12. PLAQUETA DE EMPUJE
13. RESORTE ANTIVIBRATORIO
14. CUBIERTA DEL EMBRAGUE

15. COJINETE DE DESEMBRAGUE
16. CHAVETA PARTIDA
17. MANGUITO DE DESEMBRAGUE
18. PLAQUETA DE APOYO
19. TUERCA DE BULON-OJO
20. BULON
21. ARANDELA GROVER