



## TECHNICAL INFORMATION

This chapter explains the basic concepts and formulas for the calculation and selection of clutch-brakes for each application.

All the formulas used in this catalogue are in accordance with VDI 2241 and/or DIN 1304 norm.

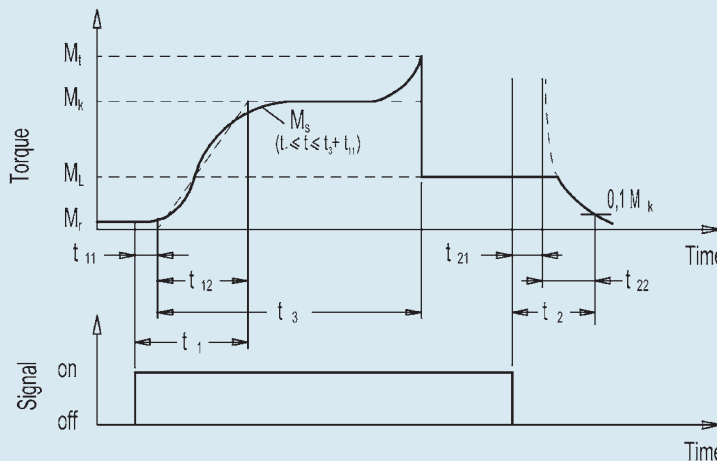
In case of any doubt or if any further information is required, please do not hesitate to contact our Technical Department.

## TERMS

### TORQUES

It is important to define and difference the torques considered in the clutching or braking process.

The torque values shown in graph 1 are defined below.



Graph 1

**Slip or dynamic torque  $M_s$ :** this is the torque transmitted once the torque increase time ( $t_{12}$ ) is finished. It changes within the cycle process and depends, apart from other factors, on the slip speed and the temperature of the friction surfaces.

**Transmissible torque or static torque  $M_t$ :** maximum admissible torque without slip, depending on the working and design conditions.

## INFORMACIÓN TÉCNICA

En este apartado se definen y explican los conceptos y fórmulas básicos necesarios para el cálculo y selección de los freno-embragues adecuados para cada aplicación.

Las designaciones, símbolos en las fórmulas y las unidades utilizadas en este catálogo siguen las normas VDI 2241 y / o la DIN1304, normas de referencia para este tipo de productos.

En caso de cualquier duda, aclaración o interés en algún aspecto concreto, les rogamos se pongan en contacto con nuestro departamento técnico.

## DEFINICIONES

### PARES

Primeramente es importante definir y distinguir los distintos momentos o pares que se consideran en un proceso de embragado o frenado.

El siguiente gráfico representa a cualquiera de dichos procesos:

**Par de deslizamiento o par dinámico  $M_s$ :** par que actúa una vez finalizado el tiempo de subida de par ( $t_{12}$ ). Varía durante el proceso de maniobra y depende, entre otros factores, de la velocidad de deslizamiento y la temperatura de las superficies de fricción.

**Par transmisible o par estático  $M_t$ :** par máximo que admite el sistema actuado en función de las condiciones de servicio y las condiciones marginales del diseño, sin que se produzca resbalamiento.



The work produced by each cycle, which is transformed into heat, must be removed without surpassing the thermal capacity of the clutch-brake.

In the hydraulic clutch-brakes, the heat is dissipated by means of lubrication oil. Lubrication can be done by splash, but when an intense work is required a forced cooling will be necessary, and lubrication will be done through the clutch-brake.

### PERFORMANCE OF FRICTION MATERIALS

Depending on some factors, which we detail below, the friction coefficient can change during the clutch or brake engagement. These factors also affect when the torque is transmitted without relative movement among the friction surfaces:

- Transmitted power.
- Temperature on the friction surfaces (cooling system).
- Slip speed.
- Combination of friction materials.
- Dry or wet operation.
- Design of the friction surfaces (grooves...).
- Pressure in the friction surfaces.
- Ambient temperature.
- .....

The combinations of materials used in our clutch-brakes are the following:

El trabajo producido en cada maniobra, que se transforma en calor, debe ser evacuado sin sobrepasar la capacidad calorífica del freno-embrague.

En los freno-embragues hidráulicos el calor es disipado fundamentalmente por medio del aceite de refrigeración. La lubricación puede realizarse por barboteo, aunque en los casos de un trabajo intenso será necesaria una refrigeración forzada, para lo cual la refrigeración se hará por el interior del freno-embrague.

### COMPORTAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE FRICCIÓN

La variación del coeficiente de fricción durante la maniobra de embragado (o frenado), así como cuando se transmite el par sin movimiento relativo entre las superficies de fricción, depende de numerosos factores, entre los cuales podemos destacar:

- Potencia transmitida.
- Temperatura en las superficies de fricción (sistema de refrigeración).
- Velocidad de deslizamiento.
- Combinación de materiales de fricción.
- Funcionamiento en seco o lubricado.
- Diseño de las superficies de fricción (ranuras, ...).
- Presión en la superficie de fricción.
- Temperatura del entorno.
- .....

A continuación se indican las combinaciones de materiales utilizados habitualmente en nuestros freno-embragues:

Running Medio	Combination of materials Combinación de materiales
Dry Seco	Steel, cast iron / organic material Acero, hierro fundido / guarnición orgánica
	Hardened steel / sintered bronze Acero templado / sinterizado de bronce
Wet En aceite	Hardened steel / sintered bronze Acero templado / sinterizado de bronce



## BRAKING PROCESS

To calculate the slip time during the brake engagement  $t_3$ , the following formula is used:

$$t_3 = \frac{t_{12}}{2} + k \cdot \frac{J \cdot w}{M_k} \text{ (s)}$$

$t_{12}$  = Time of torque increase.

$k$  = Correction coefficient.

$J$  = Inertia referred to clutch-brake shaft ( $\text{kgm}^2$ ).

$w$  = Angular speed of clutch-brake (rad/s).

$M_k$  = Brake torque indicated in the catalogue (Nm).

In hydraulic clutch-brakes,  $t_{12}$  value is inconsiderable.

The  $K$  coefficient is function of the factors indicated in chapter "performance of friction materials"

Its value is variable, considering for calculation  $k = 1,25$

The total braking time will therefore be:

$$t_t = t_{11} + t_3$$

$t_{11}$  is also variable.

### Braking angle $\theta_f$ :

The braking angle can be divided in two terms:

1.- Reaction angle:  $\theta_r = w \cdot t_{11}$

2.- Mechanical braking angle ( $\theta_m$ ):

$$\theta_m = f(M, J, w, t_{12}, t_3)$$

$$\theta_f = \theta_r + \theta_m$$

To simplify the calculation, the following formulation can be used:

$$\theta_f = w \cdot t_{11} + \frac{w}{2} \cdot t_3 \text{ (rad)} \quad \text{or}$$

$$\theta_f = 6 \cdot n \cdot t_{11} + 3 \cdot n \cdot t_3 \text{ (}^\circ\text{)}$$

$n$  = Clutch-brake rotational speed (r.p.m.).

## PROCESO DE FRENADO

Para el cálculo del tiempo de deslizamiento durante el proceso de frenado  $t_3$ , se emplea la siguiente fórmula:

$$t_3 = \frac{t_{12}}{2} + k \cdot \frac{J \cdot w}{M_k} \text{ (s)}$$

$t_{12}$  = Tiempo de subida de par.

$k$  = Coeficiente de corrección.

$J$  = Inercias reducidas al eje del freno-embrague ( $\text{kgm}^2$ ).

$w$  = Velocidad angular del freno-embrague (rad/s).

$M_k$  = Par de freno de catálogo (Nm).

En los freno-embragues hidráulicos,  $t_{12}$  es despreciable.

El coeficiente  $K$  es función de los factores mostrados en el apartado "Comportamiento de los elementos de fricción".

Su valor es por tanto variable, estimándose para el cálculo  $k = 1,25$

El tiempo total de frenado será:

$$t_t = t_{11} + t_3$$

$t_{11}$  también es variable.

### Cálculo del ángulo de frenado $\theta_f$ :

El ángulo de frenado  $\theta_f$  se divide en dos términos:

1.- Angulo de reacción:  $\theta_r = w \cdot t_{11}$

2.- Angulo de frenado mecánico ( $\theta_m$ ):

$$\theta_m = f(M, J, w, t_{12}, t_3)$$

$$\theta_f = \theta_r + \theta_m$$

Para simplificar el cálculo se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$\theta_f = w \cdot t_{11} + \frac{w}{2} \cdot t_3 \text{ (rad)} \quad \text{ó}$$

$$\theta_f = 6 \cdot n \cdot t_{11} + 3 \cdot n \cdot t_3 \text{ (}^\circ\text{)}$$

$n$  = velocidad angular del freno-embrague (r.p.m.).



## TORQUE CALCULATION FOR AN ECCENTRIC PRESS

To calculate the necessary torque in an eccentric press, the following formulation is used:

$$M = \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta} \cdot P \cdot r$$

$M$ : turning torque to be transmitted by the eccentric shaft.

$\alpha$ : maximum effort angle before the BDC (bottom dead center).

$P$ : force of the press.

$r$ : radius of the eccentric.

$\beta$ : angle between the connecting rod and the movement line of the ram in the moment of maximum force.

$s$ : distance from the BDC to the point where the maximum effort is produced (measured at the ram).

$h$ : distance from the BDC to the point where the maximum force is produced (measured at the eccentric).

To obtain angles " $\alpha$ " and " $\beta$ ", and " $h$ " height, the following formulations are used:

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{r-h}{r}\right)^2}$$

$$h = \frac{L^2 - (L-s)^2}{2 \cdot (L-s+r)}$$

$$\frac{r}{L} = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$$

In the case where the " $r$ " and " $L$ " values are not known, an estimated calculation about the transmissible torque can be done by using the following formulation:

$$M = F \cdot r = \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta} \cdot P \cdot r = K \cdot P \cdot r$$

Taking  $\frac{L}{r} = 5$  (estimated), the K value is:

For $\alpha = 30^\circ$ the coefficient	$K = 0,587$
For $\alpha = 15^\circ$ the coefficient	$K = 0,3$
For $\alpha = 40^\circ$ the coefficient	$K = 0,74$
For shears	$K = 1$

When the clutch is in a faster shaft:

$$M_{red} = \frac{M}{i} \quad \text{Being } i \text{ the transmission ratio between the clutch shaft and the eccentric shaft.}$$

## CÁLCULO DEL PAR EN UNA PRENSA ÉXCÉNTRICA

Para el cálculo del par necesario en una prensa éxcéntrica, se emplea la siguiente fórmula:

$$M = \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta} \cdot P \cdot r$$

$M$ : momento de giro a transmitir por el eje éxcéntrico.

$\alpha$ : ángulo de esfuerzo máximo antes del PMI (punto muerto inferior).

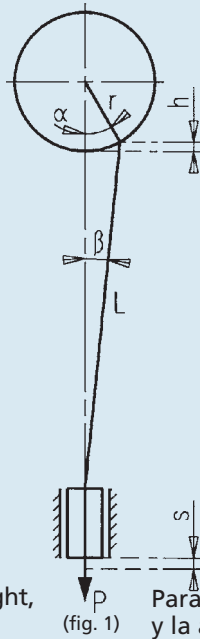
$P$ : esfuerzo de la prensa.

$r$ : radio de éxcéntrica.

$\beta$ : ángulo formado entre la biela y la línea del movimiento del carro en el momento del esfuerzo máximo.

$s$ : distancia (medida en el carro) desde el PMI al punto donde se produce el esfuerzo máximo.

$h$ : distancia (medida en la éxcéntrica) desde el PMI al punto donde se produce el esfuerzo máximo.



Para la obtención de los ángulos " $\alpha$ " y " $\beta$ " y la altura " $h$ " se emplean las siguientes fórmulas:

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{r-h}{r}\right)^2}$$

$$h = \frac{L^2 - (L-s)^2}{2 \cdot (L-s+r)}$$

$$\frac{r}{L} = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$$

En el caso de que no se conozcan los valores arriba indicados " $r$ " y " $L$ " se puede realizar un cálculo orientativo del par transmisible utilizando la siguiente fórmula:

$$M = F \cdot r = \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta} \cdot P \cdot r = K \cdot P \cdot r$$

Tomando  $\frac{L}{r} = 5$  (orientativo), el valor de K es:

Para $\alpha = 30^\circ$ el coeficiente	$K = 0,587$
Para $\alpha = 15^\circ$ el coeficiente	$K = 0,3$
Para $\alpha = 40^\circ$ el coeficiente	$K = 0,74$
Para cizallas	$K = 1$

Cuando el embrague está en un eje más rápido:

$$M_{red} = \frac{M}{i} \quad \text{Siendo } i \text{ la relación de transmisión entre el eje del embrague y el eje éxcéntrico}$$