

収縮締結の設計

版数：01

『収縮締結の設計』

1. 収縮締結とは

収縮締結には、焼きばめ、圧入ばめ、打ち込み及び押し込みがあるが、これは締め代の大きさ、個数、作業性などで選択される。

軸をボスに、またはボスをリムやドラムに固定する方法の1種に、外側になるものを加熱してその穴部を膨張させ、内側になるものの外形にはめ込むと、外側になるものの温度が室温まで低下するに連れて収縮し、内側のもは接触面で締め付けられ、両者は締結される。これを焼きばめという。

常温での内側の軸または筒の外径と、外筒の内径の差を締め代という。締め代が大きいと締結力は大きい。しかし、はめあいが発生する応力が軸材料の許容応力を超えてはいけぬ。また、はめあい部には、機械の稼動で生じる負荷の応力との合成応力が作用するので、この応力に軸もボスも耐える強度が必要である。

2. 収縮締結の計算

Fig. 1 収縮締結説明図

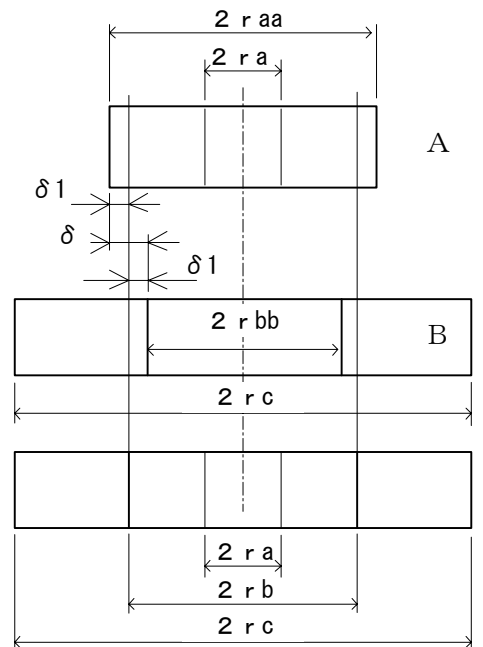
[Fig. 1] のA外筒部とB内筒部を収縮締結するとき、  
1) 接触面の圧力P (kgf/mm<sup>2</sup>) と半径の締め代δ (mm)  
Pとδの間には、次のような関係式がある。

$$\delta_2 = P r_b \{ (r_c^2 + r_b^2) / (r_c^2 - r_b^2) + \nu_2 \} / E_2 \quad \dots\dots\dots \text{式①}$$

$$\delta_1 = -P r_b \{ (r_b^2 + r_a^2) / (r_b^2 - r_a^2) + \nu_1 \} / E_1 \quad \dots\dots\dots \text{式②}$$

$$P = (\delta / r_b) \{ 1 / \{ (r_c^2 + r_b^2) / E_2 (r_c^2 - r_b^2) + (r_b^2 + r_a^2) / E_1 (r_b^2 - r_a^2) + \nu_2 / E_2 - \nu_1 / E_1 \} \} \quad \dots\dots\dots \text{式③}$$

ここで、E；縦弾性係数  
ν；ポアソン比  
δ；半径の締め代  
r；半径



軸の形状や、材質の違いによる条件を式③に入れ、計算式を求めると、

a) 軸が充実軸でA、Bの材質が同じ時、

$$r_a = 0, E_1 = E_2, \nu_1 = \nu_2 \quad \therefore P = E \delta (r_c^2 - r_b^2) / 2 r_b r_c^2 \quad \dots\dots\dots \text{式④}$$

b) 軸が充実軸でA、Bの材質が異なる時、 r\_a = 0

$$\therefore P = (\delta / r_b) \left[ 1 / \{ (r_c^2 + r_b^2) / E_2 (r_c^2 - r_b^2) + \nu_2 / E_2 - (\nu_1 - 1) / E_1 \} \right] \quad \dots\dots\dots \text{式⑤}$$

c) 軸が中空軸でA、Bの材質が同じ時、 E\_1 = E\_2, ν\_1 = ν\_2

$$\therefore P = (E \delta / r_b) \{ (r_c^2 - r_b^2) (r_b^2 - r_a^2) / 2 r_b^2 (r_c^2 - r_a^2) \} \quad \dots\dots\dots \text{式⑥}$$

d) 軸が中空軸でA、Bの材質が異なる時、式③を使用する。

△1 式⑤のかつこのくくり修正



収縮締結の設計

版数：01

e) Bの外径が、Bの内径に比較して非常に大きく、接触面圧Pが外径部まで影響を及ぼさないと考えてよく、またAとBの材質が同じ時、

式⑥で  $r_c^2 - r_b^2 \doteq r_c^2$ 、 $r_c^2 - r_a^2 \doteq r_c^2$

$\therefore P = E \delta (r_b^2 - r_a^2) / 2 r_b^3$  .....式⑦

軸が充実軸のとき、 $r_a = 0$

$\therefore P = E \delta / 2 r_b$  .....式⑧

2) 接触面に生じる円周応力  $\sigma_t$  (kgf/mm<sup>2</sup>)

a) Aの円筒外周面に生じる円周応力

外圧Pだけが作用し、内圧=0のとき、

$\sigma_{at} = -P (r_b^2 + r_a^2) / (r_b^2 - r_a^2)$  .....式⑨

b) Bの外筒内周面に生じる円周応力

内圧Pだけが作用し、外圧=0のとき、

$\sigma_{bt} = P (r_c^2 + r_b^2) / (r_c^2 - r_b^2)$  .....式⑩

3) 接触面に生じる半径方向の応力  $\sigma_r$  (kgf/mm<sup>2</sup>)

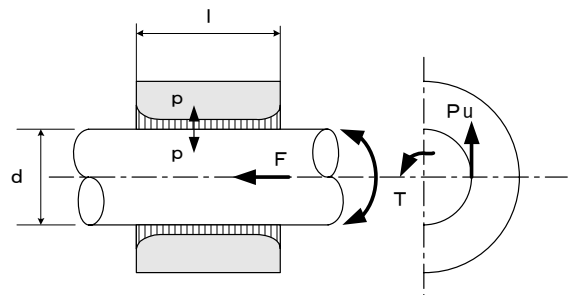
$\sigma_{ar} = \sigma_{br} = -P$

4) 収縮締結による伝達トルクと伝達動力

[Fig. 2] に応力と力の作用方向を示す。

- A : はめあい部の接触面積 (mm<sup>2</sup>)
- F : 軸にボスを圧入するとき要する力 (kgf)
- P : 接触面圧力pで押し合っている全圧力 (kgf)
- P<sub>f</sub> : 接触面における円周方向の摩擦力 (kgf)
- P<sub>u</sub> : 伝達トルクで生じるはめあい部円周方向の力 (kgf)
- T : 伝達トルク (kgf・mm)
- $\eta$  : 軸とボスの接触面積率
- $\mu$  : 軸とボスの接触面の摩擦係数

Fig. 2 応力と力の作用



摩擦係数を、炭素鋼と鋳鉄のとき  $\mu = 0.12$ 、炭素鋼と炭素鋼のとき  $\mu = 0.15$  とすると、

$A = \pi d l$ 、 $P = \pi d l \eta p$ 、 $P_f = \mu \pi d l \eta p$ 、  
 $T = P_u d / 2$

はめあい部が締結されているためには

$P_f > P_u$        $P_u = 2 T / d$   
 $\therefore \mu \pi d l \eta p > 2 T / d$   
 $\therefore T < \pi \mu p l \eta d^2 / 2$

$F > P_f$  のとき圧入できるので、

$F > \mu \pi d l \eta p$

N : 軸の毎分の回転数、L : 伝達動力とすると

$L = T \cdot N / 9.74 \times 10^5$  (kW)  
 $= T \cdot N / 7.1610^5$  (HP)

