

Bài 5. TRUYỀN ĐỘNG BÁNH MA SÁT

Mục tiêu: - Mô tả được cấu tạo, nguyên lý làm việc và phân loại truyền động bánh ma sát.
- Xác định được các thông số truyền động, các thành phần liên tác động lên bộ truyền động bánh ma sát và cách tính toán bộ truyền theo số cặp liên tiếp xúc.

I. Khái niệm chung

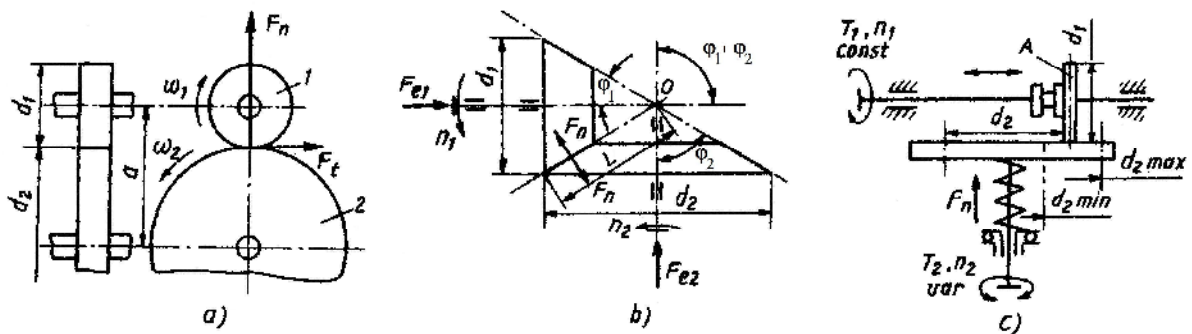
1. Nguyên lý làm việc

Truyền động bánh ma sát truyền chuyển động và công suất nhờ ma sát sinh ra tại chỗ tiếp xúc của các bánh ma sát. Để tạo ra ma sát cần phải tác động lên các bánh liên với nhau (hình 5.1)

2. Phân loại

- Theo hình thức tiếp xúc, truyền động bánh ma sát được chia làm hai loại là bộ truyền tiếp xúc ngoài và bộ truyền tiếp xúc trong.

- Theo khả năng điều chỉnh tốc độ truyền, ngược lại ta chia ra bộ truyền không điều chỉnh được tốc độ truyền (hình 5.1a, b) hay điều chỉnh được tốc độ truyền còn gọi là bộ biến tốc ma sát (hình 5.1c).



Hình 5.1

3. Ưu nhược điểm và phạm vi sử dụng

a. Ưu điểm

Bánh ma sát có cấu tạo đơn giản; làm việc êm, có khả năng điều chỉnh vô cấp tốc độ.

b. Nhược điểm

Liên tác động lên trục và ổ khá lớn; tốc độ truyền không ổn định, do có hiện tượng trượt; khả năng tải trọng động tải thấp (so với bánh răng).

c. Phạm vi sử dụng

Truyền động bánh ma sát thường dùng để truyền công suất nhỏ hoặc trung bình (dưới 5 kw); vận tốc $v \leq (15 \div 5) \text{ m/s}$; tốc độ truyền $i \leq 7$; hiệu suất $\eta = 0,80 \div 0,95$; chủ yếu dùng trong các máy vận chuyển, động cơ đo, các thiết bị liên lạc v.v...

II. Lý thuyết truyền động bánh ma sát

1. Sự trượt

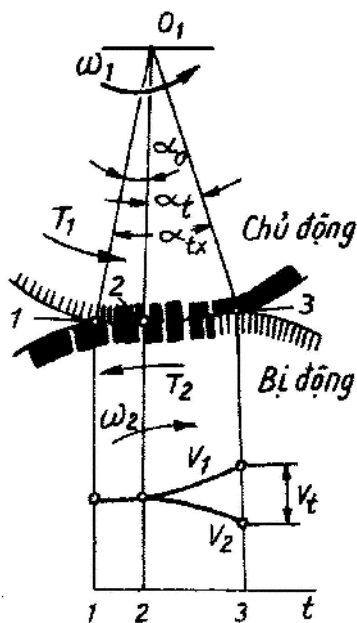
Có ba dạng: trượt hình học, trượt đàn hồi và trượt trơn.

a. Trượt hình học

Sự trượt hình học xuất hiện trên chiụ dài tiếp xúc, dọc theo đường sinh bánh ma sát và phụ thuộc vào dạng hình học của các bánh.

Xét ví dụ với sự trượt hình học của bộ biến tốc mặt đĩa con lăn. Khi bộ truyền làm việc, nếu như vận tốc của các điểm trên mặt trục con lăn 1 không thay đổi thì đĩa 2 các điểm trên đường tiếp xúc của đĩa với bánh 1 có vận tốc thay đổi, điểm ở gần tâm đĩa có vận tốc nhỏ hơn và điểm ở xa có vận tốc lớn hơn. Vì có sự khác nhau vận tốc tại các điểm tiếp xúc của bánh dẫn và bánh bị dẫn nên xảy ra trượt hình học.

b. Trượt đàn hồi



Hình 5.2

Trượt đàn hồi xảy ra do biến dạng đàn hồi vùng tiếp xúc của các bánh theo phương tiếp tuyến. Trong một kỳ bộ truyền ma sát nào khi làm việc đều có trượt đàn hồi.

Nguyên nhân gây ra trượt đàn hồi: khi truyền mômen xoắn các phân tử bề mặt bánh chủ động đi vào vùng tiếp xúc, bắt đầu từ điểm tiếp xúc 1 thì bị nén lại và đi ra khỏi điểm 3 thì bị dãn (hình 5.2). Ngược lại các phân tử bề mặt bánh bị động thì bị dãn ra khi vào điểm 1 và bị nén chùn lại khi ra khỏi điểm 3. Thúc đẩy sự thay đổi biến dạng (tổn nén sang dãn và ngược lại) không phải bắt đầu ngay từ điểm 1 mà bắt đầu từ điểm 2 nào đó trên cung tiếp xúc. Hiện tượng dãn và chùn không đều nhau của các phân tử trên bề mặt các bánh ma sát ở cung 2 – 3 gây nên sự trượt. Hiện tượng trượt này gọi là hiện tượng trượt đàn hồi, xảy ra do tính chất đàn hồi của vật liệu bánh ma sát. Cung 2 – 3 gọi là cung trượt (hộp lọc ma sát trên cung 2 – 3 cân bằng với lực vòng).

c. Trượt trơn

Khi tải trọng tăng, cung trượt đàn hồi cũng tăng. Nếu tiếp tục tăng lực vòng F_t , đến lúc nào đó cung trượt sẽ bằng cung tiếp xúc. Đó là giới hạn của hiện tượng trượt đàn hồi. Khi đó, nếu tiếp tục tăng F_t thì $F_t > F_{ms}$, xảy ra hiện tượng trượt trơn: bánh 1 quay, bánh 2 đứng yên gây mòn cặp bánh, xước bề mặt. Chú ý không nên dùng hiện tượng trượt trơn trong bộ truyền ma sát để ngăn ngừa quá tải vì như vậy sẽ làm hỏng bộ truyền.

2. Vận tốc và tỉ số truyền

a. Truyền động bánh ma sát trục

Gọi v_1 là vận tốc vòng của bánh dẫn đường kính D_1 và v_2 là vận tốc vòng của bánh bị dẫn đường kính D_2 ta có:

$$v_1 = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n_1}{60 \cdot 1000} (m/s) \quad \text{và} \quad v_2 = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot n_2}{60 \cdot 1000} (m/s) \quad (5-1)$$

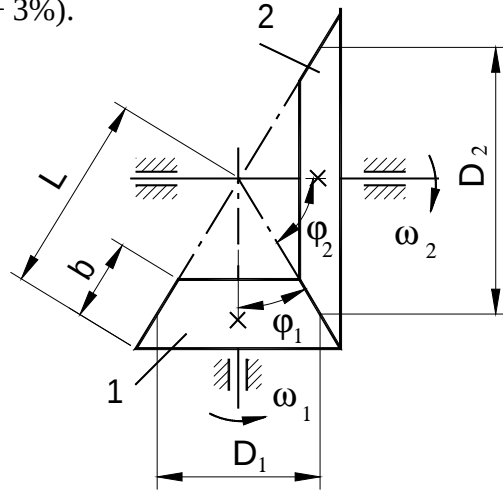
Vì có hiệu ứng trượt nên $v_2 < v_1$.

Gọi ξ là hệ số trượt; $\xi = \frac{(v_1 - v_2)}{v_1}$ ta có $v_2 = (1 - \xi) \cdot v_1$

$$\text{Vậy: tỉ số truyền } i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1(1-\xi)} \approx \frac{D_2}{D_1} \quad (5-2)$$

với (hệ số trượt $\xi = 1 \div 3\%$).

b. Truyền động bánh ma sát nón



Hình 5.3

Gọi D_1 và D_2 là đường kính trung bình của các bánh ma sát nón lần 1 và lần 2. Ta có:

$$\text{Tỉ số truyền } i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1(1-\xi)} \approx \frac{D_2}{D_1}$$

$$\text{mà } D_1 = 2(L - 0,5b)\sin\varphi_1$$

$$D_2 = 2(L - 0,5b)\sin\varphi_2 \quad (5-3)$$

$$\text{Suy ra: } i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin\varphi_2}{(1-\xi)\sin\varphi_1} = \frac{\tan\varphi_2}{(1-\xi)} \approx \tan\varphi_2 \quad (5-4)$$

với L _ chiều dài đường sinh côn (mm)

b _ chiều dài tiếp xúc đo dọc theo đường sinh của bánh ma sát côn (mm)

φ_1 và φ_2 _ góc côn bánh 1 và 2 (độ)

c. Bộ biến tốc mặt đĩa con lăn

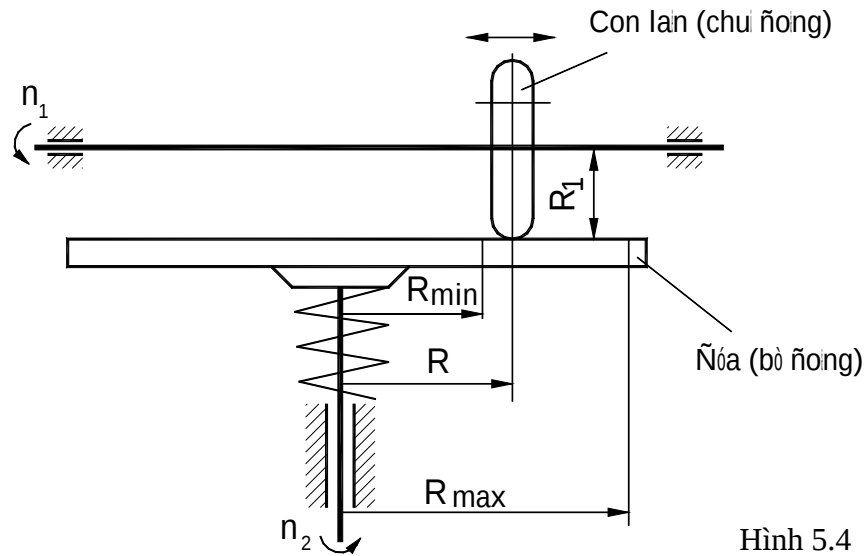
Gọi bán kính của con lăn là R_1 ; bán kính làm việc của mặt đĩa thay đổi trong khoảng $R_{\min} \div R_{\max}$, nên số vòng quay trong một phút của đĩa này cũng thay đổi trong khoảng $n_{\max} \div n_{\min}$.

Ta có tỉ số truyền

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{R_2}{R_1(1-\xi)} \Rightarrow i_{\max} = \frac{n_1}{n_{\max}} = \frac{R_{\max}}{R_1(1-\xi)}$$

$$i_{\min} = \frac{n_1}{n_{\min}} = \frac{R_{\min}}{R_1(1-\xi)}$$

Khoảng điều chỉnh tỉ số $D = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{R_{\max}}{R_{\min}}$; Thông thường hệ số $D \leq 3$.



Hình 5.4

3. Lực ép trong bộ truyền bánh ma sát

Để hình thành ma sát ở vùng tiếp xúc giữa các bánh ma sát người ta phải ép các bánh ma sát lại với nhau. Để xác định lực ép trong bộ truyền ta phải tính lực pháp tuyến cần thiết (hình 5.1).

a. Lực pháp tuyến cần thiết (F_n)

Điều kiện để bộ truyền bánh ma sát không trượt là:

$$F_{ms} \geq f \cdot F_n$$

với f – hệ số ma sát

F_n – là lực pháp tuyến (N)

Để an toàn lấy $F_{ms} = f \cdot F_n = k \cdot F_t$

với k – hệ số an toàn ($k = 1,25 \div 1,5$)

F_t – là tiếp tuyến (N)

$$\text{Như vậy: } F_{ms} = f \cdot F_n = k \cdot F_t \quad \Rightarrow \quad F_n = \frac{k \cdot F_t}{f}$$

b. Lực ép cần thiết (F_e)

* Trường hợp bộ truyền bánh ma sát trượt

$$F_e = F_n = \frac{k \cdot F_t}{f} \quad (5-5)$$

* Trường hợp bộ truyền bánh ma sát nón

Có thể ép bánh 1 vào bánh 2 với lực ép F_{e1} hoặc ngược lại với lực ép F_{e2} . Dựa vào điều kiện cân bằng ta có:

$$F_{e1} = F_n \cdot \sin \varphi_1$$

$$F_{e2} = F_n \cdot \sin \varphi_2$$

$$\text{Nếu bộ truyền giảm tốc: } D_1 < D_2 \Rightarrow \sin \varphi_1 < \sin \varphi_2 = F_{e1} < F_{e2}$$

III. Tính số c b n b truy n bánh ma sát

1. Các đ ng h ng và ch tiêu tính toán

Đ i tác đ ng c a l c ép, t i các vùng tiếp xúc c a các bánh ma sát sinh ra đ ng su t tiếp xúc. Khi các bánh chuyển đ ng, vùng tiếp xúc thay đ i, do đó đ ng su t tiếp xúc t i m i đi m trên b m t làm vi c c a bánh ma sát cũng thay đ i theo chu kỳ m ch đ ng gián đ o n.

N u b truy n đ c bôi tr n đ y đ , b m t h ng ch y u do tróc vì m i.

N u b truy n làm vi c khô ho c n a t bánh ma sát b mòn ho c b x c l p b m t.

Đ tránh các đ ng h ng ch y u trên, ph i tính toán số c b n tiếp xúc b truy n bánh ma sát.

2. Tính số c b n tiếp xúc b truy n bánh ma sát

Tính đ ng su t tiếp xúc theo công th c Héc:

$$\sigma_{tx} = 0,418 \sqrt{\frac{F_n \cdot E}{b \cdot \rho}} \quad (5-6)$$

trong đó:

F_n _ l c pháp tuy n t i vùng tiếp xúc (N)

b _ chi u dài tiếp xúc (mm)

ρ _ bán kính cong t ng đ ng (mm)

E _ mô đun đàn h i c a v t li u (N/mm²)

a. Đ i v i b truy n đ ng bánh ma sát tr

T công th c (5-5), ta có:

$$F_n = \frac{k \cdot F_t}{f} \Rightarrow \frac{k \cdot 2M_1}{f \cdot D_1} \Rightarrow \frac{k \cdot 2 \cdot 9,55 \cdot 10^6 \cdot N_1}{f \cdot D_1 \cdot n_1}$$
$$\text{mà } A = \frac{D_2 \pm D_1}{2} = \frac{D_1(i \pm 1)}{2} \Rightarrow D_1 = \frac{2A}{i \pm 1};$$

$$\text{V y } F_n = 9,55 \cdot 10^6 \frac{k \cdot N(i \pm 1)}{f \cdot A \cdot n_1} = 9,55 \cdot 10^6 \frac{k \cdot N(i \pm 1)}{f \cdot A \cdot i \cdot n_1}$$

Bán kính cong t ng đ ng

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho_1} \pm \frac{1}{\rho_2} = \frac{2}{D_2} \pm \frac{2}{D_1} = \frac{2(D_2 \pm D_1)}{D_1 D_2} = \frac{2(i \pm 1)}{i \cdot D_1} = \frac{(i \pm 1)^2}{A \cdot i}$$

Modun đàn h i t ng đ ng

$$E = \frac{2E_1 E_2}{E_1 + E_2} \quad (\text{N/mm}^2)$$

Thay F_n , ρ vào công th c Hec, ta có công th c ki m nghi m số c b n tiếp xúc c a b truy n bánh ma sát tr :

$$\sigma_{tx} = \frac{1290}{Ai} \sqrt{\frac{k.N.E(i \pm 1)^3}{f.n_2.b}} \leq [\sigma]_{tx} \quad (5-7)$$

Đặt $\psi_A = \frac{b}{A}$ là hệ số chiều rộng bánh ma sát ($\psi_A = 0,2 \div 0,4$)

Thay $b = \psi_A \cdot A$ vào (5-7) và biến đổi ta có công thức thiết kế

$$A \geq (i \pm 1)^3 \sqrt{\frac{k.N.E}{f.n_2.\psi_A} \left(\frac{1290}{i[\sigma]_{tx}} \right)^2} \quad (5-8)$$

A _ khoảng cách trục (mm)

k _ hệ số an toàn

f _ hệ số ma sát

n_2 _ số vòng quay trong một phút của bánh bị dẫn (v/p)

N _ công suất trên trục dẫn (kw)

$i = n_1/n_2$ _ tỉ số truyền

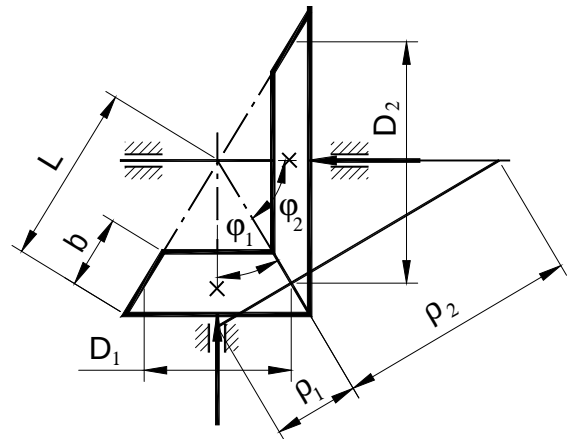
$[\sigma]_{tx}$ _ ứng suất tiếp xúc cho phép (N/mm^2)

Đu ‘ + ‘ ứng với trục ngoài tiếp xúc ngoài; đu ‘ – ‘ trục ngoài tiếp xúc trong.

b. Để tìm trục dẫn bánh ma sát nón

Từ hình vẽ ta thấy: $\rho_1 = (L - 0,5b).tg\varphi_1$ và $\rho_2 = (L - 0,5b).tg\varphi_2$

$$\text{Lưu ý: } i = tg \varphi_2 = \frac{1}{tg \varphi_1}$$



$$\text{Bán kính cong tiếp xúc: } \rho = \frac{\rho_1 \rho_2}{\rho_1 + \rho_2} = \frac{i.(L - 0,5b)}{i^2 + 1}$$

Lưu ý pháp tuyến

$$F_n = \frac{k}{f} \cdot \frac{2}{D_1} \cdot 9,55 \cdot 10^6 \cdot \frac{N}{n_1}$$

$$\text{với } n_1 = i \cdot n_2; \text{ mà: } L - 0,5b = \frac{1}{2} \sqrt{D_2^2 + D_1^2} = \frac{D_1}{2} \sqrt{i^2 + 1}$$

Do đó

$$D_1 = \frac{2(L - 0,5b)}{\sqrt{i^2 + 1}}$$

$$\rightarrow F_n = 9,55 \cdot 10^6 \cdot \frac{k}{f} \cdot \frac{N}{n_2} \cdot \frac{\sqrt{i^2 + 1}}{(L - 0,5b) \cdot i} \quad (5-9)$$

Thay các giá trị F_n ; ρ vào công thức Hec, ta có công thức kiểm nghiệm sức bền tiếp xúc của bộ truyền bánh ma sát nón:

$$\sigma_{tx} = \frac{1290}{(L - 0,5b) \cdot i} \sqrt{\frac{k \cdot N \cdot E}{f \cdot b \cdot n_2} \cdot (i^2 + 1)^{3/2}} \leq [\sigma]_{tx} \quad (5-10)$$

$$\text{Đặt } \psi_L = \frac{b}{L} \quad (\psi_L = 0,5 \div 0,25)$$

ψ_L – hệ số chiều rộng bánh ma sát nón.

Vậy ψ_L , $L = b$ thay b vào công thức (5-10) ta có:

$$L \geq \sqrt{i^2 + 1} \sqrt[3]{\frac{k \cdot E \cdot N}{f \cdot \psi_L \cdot n_2} \left[\frac{1290}{(1 - 0,5\psi_L) \cdot i \cdot [\sigma]_{tx}} \right]^2} \quad (5-11)$$

Trong đó: L – chiều dài nón (mm)

b – chiều rộng tiếp xúc dọc theo đường sinh bánh ma sát (mm)

Các điều kiện khác giống như truyền hộp bánh ma sát trục. Truyền hộp các bộ truyền bánh ma sát làm bằng vật liệu phi kim, nên ta còn qui định tính theo

công thức: $q = \frac{F_n}{b} \leq [q]$, với $[q]$ (N/mm) – tra bảng trong sổ tay.

IV. Tính lực tác động lên trục

1. Truyền động bánh ma sát trục

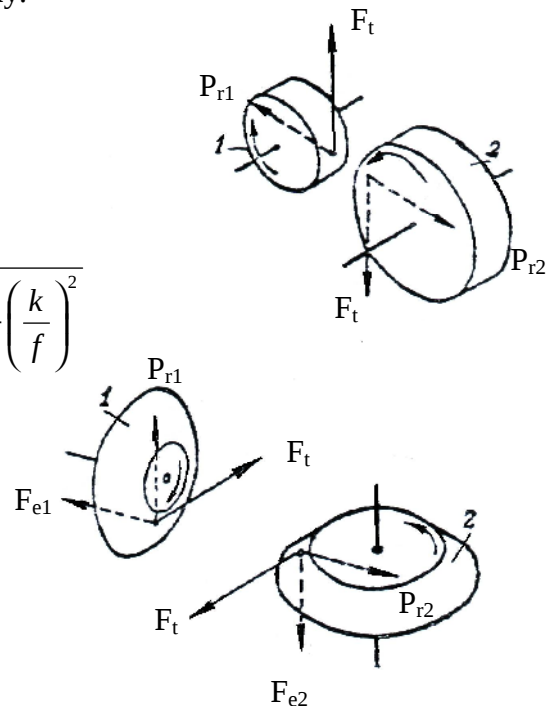
Lực tác động vuông góc với trục:

$$P_{r1} = P_{r2} = \sqrt{F_t^2 + F_e^2}$$

$$\text{với } F_e = \frac{k \cdot F_t}{f} \Rightarrow P_{r1} = P_{r2} = F_t \sqrt{1 + \left(\frac{k}{f}\right)^2}$$

(5-12)

Hình 5.5



2. Truy n đ ng bánh ma sát nón

Theo hình vẽ ta có: $\vec{P}_r' = \vec{F}_t + \vec{P}_r$

$$\text{vì } P_{r1} = F_{e2} = F_e \cdot \cos \varphi_1 \quad (5-13 \text{ a})$$

$$\text{và } P_{r2} = F_{e1} = F_e \cdot \cos \varphi_2 \quad (5-13 \text{ b})$$

$$\text{mà } F_e = \frac{k \cdot F_t}{f}$$

$$\text{Suy ra: } P_{r1}' = F_t \sqrt{1 + \left(\frac{k}{f} \cdot \cos \varphi_1 \right)^2} \quad (5-14 \text{ a})$$

$$P_{r2}' = F_t \sqrt{1 + \left(\frac{k}{f} \cdot \cos \varphi_2 \right)^2} \quad (5-14 \text{ b})$$

V. Vật liệu - ng suất cho phép

1. Vật liệu

Thường dùng thép tôi, có thể dùng gang. Có thể dùng bánh ma sát thép đã tôi hoặc gang với bánh ma sát bằng tectolit hoặc phíp. Trường hợp h p t i t r n g n h có thể dùng bánh ma sát gỗ hoặc b c da, với cao su, amiăng ép làm việc với bánh thép hoặc gang. Bánh d n nên làm bằng vật liệu mềm hơn bánh bị d n đ khi bị tr t t r n ít bị mòn v t.

2. ng suất cho phép

ng suất tiếp xúc $[\sigma]_{tx}$ có thể lấy bằng giá trị h n m i b m t c a v t l i u. Đ i v i thép tôi có $HRC \geq 60$ có thể lấy $[\sigma]_{tx} = 800 \div 150 \text{ N/mm}^2$ khi tiếp xúc ban đầu theo đ n g; ch n $[\sigma]_{tx} = 2500 \text{ N/mm}^2$ khi tiếp xúc ban đầu theo đ i m.

Đ i v i tectolit, khi tiếp xúc ban đầu theo đ n g, có thể lấy $[\sigma]_{tx} = 80 \div 100 \text{ N/mm}^2$.

CÂU H I ÔN T P

1. Nêu câu t o b truy n đ ng, nguyên lý truy n đ ng bánh ma sát và các đ ng bánh ma sát thường dùng.
2. Phân vi s đ ng và u nh c đ m c a truy n đ ng bánh ma sát.
3. Trình bày lý thuyết c b n c a b truy n đ ng bánh ma sát.
4. Trình bày các đ ng h n g, ch tiêu và cách tính toán b truy n đ ng bánh ma sát tr và bánh ma sát nón theo s c b n t i p x u c.
5. Trình bày cách tính toán l c tác đ ng lên tr c và yêu c u c a v t l i u ch t o b truy n đ ng bánh ma sát./