

يتناصف الضغط التماسي مع عزم الدوران :

$$\rho = \frac{4M_1 \cdot e^{\mu\alpha}}{BD_1^2(e^{\mu\alpha} - 1)} \quad (X-25)$$

حيث إن :

$\mu$  : معامل احتكاك أزواج الصفائح الاحتاكية .

$\alpha$  : زاوية إحاطة الشريط بعجلة الفرامل .

$B$  : عرض الشريط .

$D_1$  : قطر عجلة الفرامل .

بتغيير قيمة العزم الدوراني ( $M_1$ ) في هذه العلاقة نحصل على :

$$\rho = \frac{2G \cdot D \cdot e^{\mu\alpha}}{B \cdot D_1^2(e^{\mu\alpha} - 1)m} \quad (X-26)$$

كما هو واضح من هذه العلاقة ، يتناسب الضغط التماسي ، عند ثبات بقية العوامل ، عكسياً مع تركيبة منظومة الحبال .

وعند الأخذ بالحسبان أن مقاومة التأكل بتأثير الضغط التماسي تتغير بعلاقة أسيّة ، يمكننا التأكيد بأن انخفاض هذا الضغط يؤثر إيجابياً في طول عمر خدمة أزواج الصفائح الاحتاكية .

إلا أن هذا الاستنتاج لا يكون صحيحاً تماماً ، إلا عند ثبات سرعة الانزلاق ومسافة الكبح والتي يمكن المحافظة على قيمتها على حساب تخفيف سرعة الإنزال واستمرارية الكبح . وعند استخدام الكابح الهيدروديناميكي المساعد يمكن تأمين هذا الشرط .

وكما هو معروف تحدد سرعة دوران أسطوانة الأجهزة الرافعة عند النظام المنظم للإنزال من خلال التوازن بين العزم الدوراني على محور الكابح المساعد ومحور الكابح الرئيسي ، أي أن :

$$M_{bh} = M_b$$

$$\lambda \cdot \rho_M (D_R^5 - d_R^5) n^2 = \frac{G \cdot D_R}{2m} \cdot \eta \quad (X-27)$$

ومنها نحصل على :

$$n = \sqrt{\frac{G \cdot D_R}{2\lambda_M (D_R^5 - d_R^5) \cdot m}} \cdot \eta \quad (X-28)$$

حيث إن :

$\lambda_M$  : معامل العزم الميدروديناميكي .

$D_R$  : القطر الخارجي لعنفة (روتر) الكابح الميدروديناميكي .

$d_R$  : القطر الداخلي لحلقة السائل ، الذي يعتمد على مستوى امتلاء الكابح .

$\eta$  : معامل المردود المفيد لمنظومة الحبال .

من العلاقة (X-28) ، يتضح لنا أن زيادة تركيبة منظومة الحبال تؤدي إلى خفض عدد دورات أسطوانة الأجهزة الرافعة . و يؤثر ذلك في تقليل المردود المفيد لمنظومة الحبال بعض الشيء .

### X-3-9 : تأثير التركيبة في الحمولة الشاقولية على برج الحفر

من المهم الإشارة إلى أن زيادة تركيبة منظومة الحبال تؤدي إلى :

- خفض الشد في الطرفين المتحرك و الثابت لحبال الحفر .
- خفض الحمولة الشاقولية الإجمالية على برج الحفر مما يساعد على تحسن ظروف عمله .

ويتضح ذلك من خلال علاقة تحمل البرج شاقولياً :

$$P_{DV} = G \frac{(m+2)}{m} \quad (X-29)$$

حيث إن :

$P_{DV}$  : الحمولة الشاقولية على البرج .

$G$  : الحمولة المعلقة على الخطاف وزن الأجزاء المتحركة من منظومة الحبال .

## X-4 : تنفيذ تركيبة المنظومة

يعني تنفيذ تركيبة منظومة الحبال ، تسلسل التفاف حبل الحفر حول بكرات مجموعة البكرات الثابتة والمحركة ، ويتم بواسطة مخطط تركيبة المنظومة وفرز تسلسل محمد يمنع تقاطع الخطوط العاملة لحبل الحفر واحتكاكها بعضها ، لأن التركيبة المنفذة بشكل غير صحيح يمكن أن تولد احتكاكاً بين خطوط الحبل أو التفاف مجموعة البكرات المتحركة مما قد يؤدي إلى حدوث مشاكل خطيرة .

توجد مخططات عدة لتركيبة منظومة الحبال ، يمكن تمييز نوعين منها :

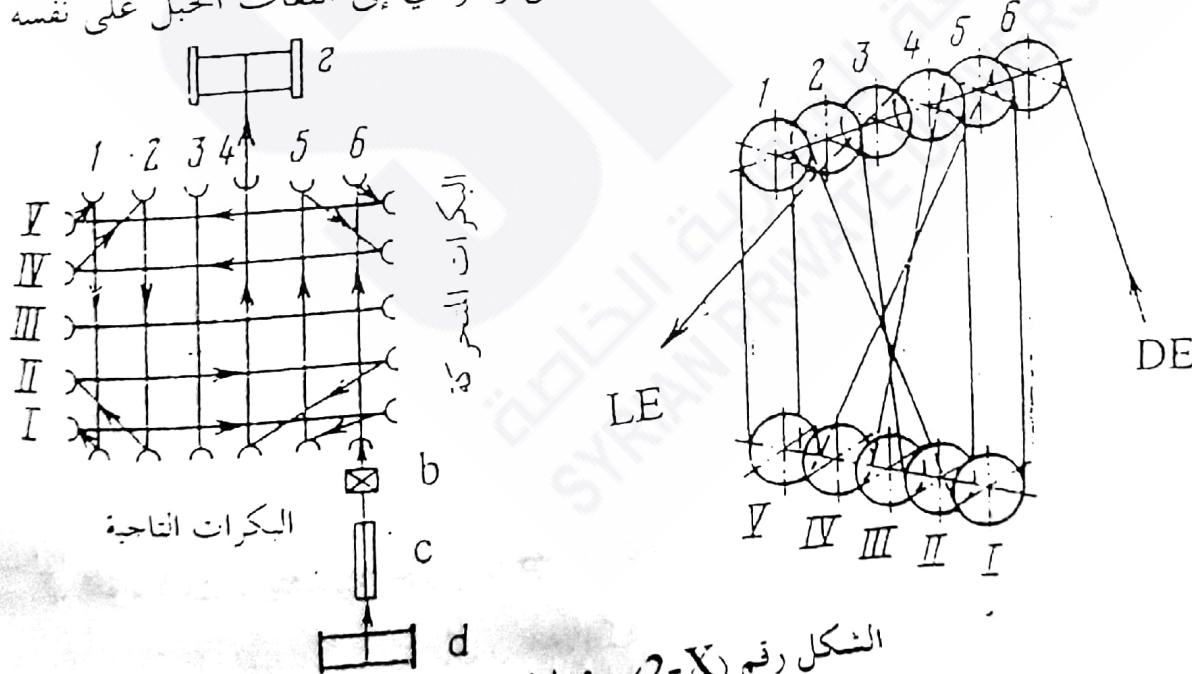
- **مخطط التركيبة المتوازية :** يكون محور مجموعة البكرات المتحركة موازياً لمحور مجموعة البكرات التاجية .

- **مخطط التركيبة المتصالبة :** يكون محوراً المجموعتين متعامدين مع بعضهما .

التركيبة المتصالبة ، الشكل رقم (X-2) ، هي الأوسع انتشاراً ومتداولة بكونها :

1. تبني احتمال التفاف وتارجح مجموعة البكرات المتحركة واحتكاك خطوط حبل الحفر بعضها البعض .

2. تقليل العزم المولود من قوى المطاوعة للحبل والمؤدي إلى التفاف الحبل على نفسه



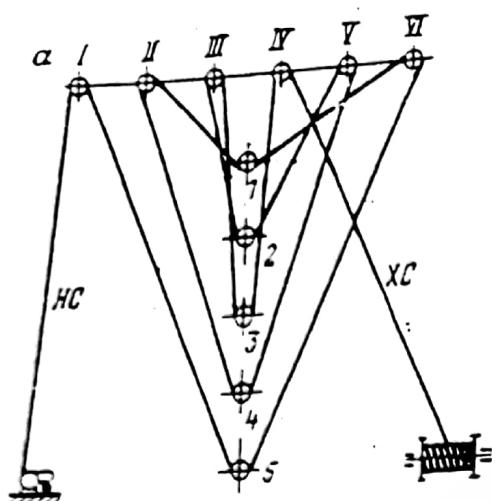
الشكل رقم (X-2) : مخطط تركيبة متسالبة (6×5)

الطرف المتحرك للحبل ينبع حول البكرة (4) من مجموعة البكرات التاجية .

LE-4-III-3-II-IV-5-I-I-V-6-DE

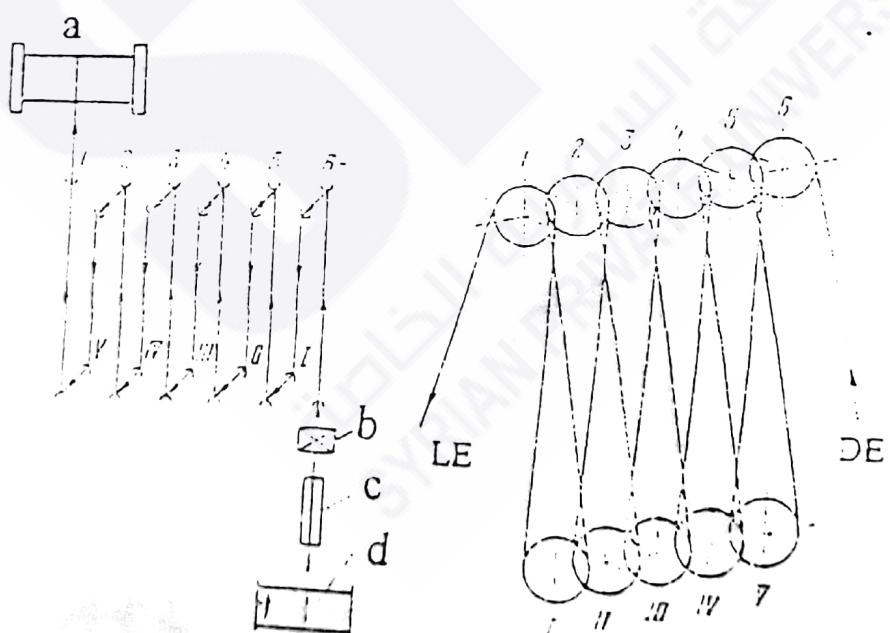
LE-

3. يتم فيها لف الطرف المتحرك للحبل على إحدى البكرات الوسطية لمجموعة البكرات التاجية حيث يؤمن لفَاً منتظمًا ومتناسكاً لحبال الحفر على أسطوانة الأجهزة الرافعة، الشكل رقم (3-X) . وفي منظومة جهاز الرفع الآلي (استخدام الدركمان الآلي) يجب إمرار الخطوط بحيث لا تعيق نزول مجموعة البكرات المتحركة المحمولة بقطع المواسير .



الشكل رقم (3-X) :

**مخطط تركيبة متقابلة مخصصة لمجموعة رفع آلية**  
في **مخطط التركيبة المتوازية** تمر النهاية المتحركة للحبل من إحدى البكرات الطرفية لمجموعة البكرات التاجية مما يجعل عملية لف الحبل على أسطوانة الأجهزة الرافعة سيئة بسبب الفرق الكبير نسبياً لزوايا ميل حبل الحفر عن مستوى دوران بكرة الحبل عند لفاته الطرفية على أسطوانة الأجهزة الرافعة(عند جدران الأسطوانة الجانبية )



الشكل رقم (4-X) : مخطط تركيبة متوازية (5×6)

a: أسطوانة الأجهزة الرافعة . b: جهاز تثبيت الطرف المتحرك . c: ماسورة أمان . d: بكرة حبل الحفر  
LE-I-I-2-II-3-III-4-IV-5-V-6-DE

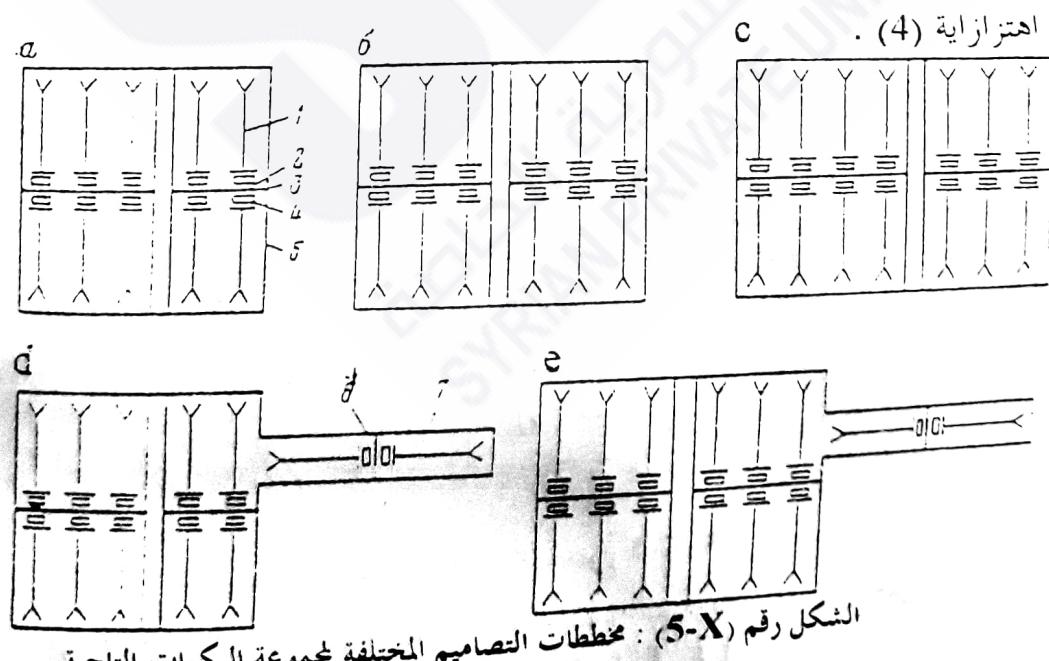
في حالة الآبار العميقه وعندما يكون عمق الحفر قليلاً يمكن عدم استخدام التركيبة المتكاملة للوحدة (أي عدم مرور حبل الحفر من خلال جميع بكرات المنظومة وإنما تستخدم بعض البكرات ضمن تركيبة أصغر) وذلك للإسراع في عمليات الرفع والإإنزال ، ومع تغفل العميق يتم تغيير التركيبة واستخدام البكرات غير المستخدمة قبل ذلك حتى الوصول إلى التركيبة الكلية للوحدة . إلا أن عملية تغيير التركيبة تتطلب جهداً كبيراً ووقت طويلاً لذلك لا تكون هذه العملية مفيدة وفعالة دائمًا .

## X-5 : الخصائص التصميمية لمجموعة البكرات في المنظومة

### X-5-1: التصميم الأساسي لمجموعة البكرات التاجية

تركب مجموعة البكرات التاجية (الثابتة) على قمة البرج (أخذت تسمية التاجية من موقعها هذا ) ويعتمد تصميمها على نوع البرج المستخدم وعدد بكراتها ومحطتها التصميمي وحمولتها .

تدور بكرات المجموعة ، الشكل رقم (X-5) ، حول محور واحد أو محوريين (2) مثبتين على مساند(3) في هيكل المجموعة (5) بصورة حرة نتيجة توضعها على مضاجع

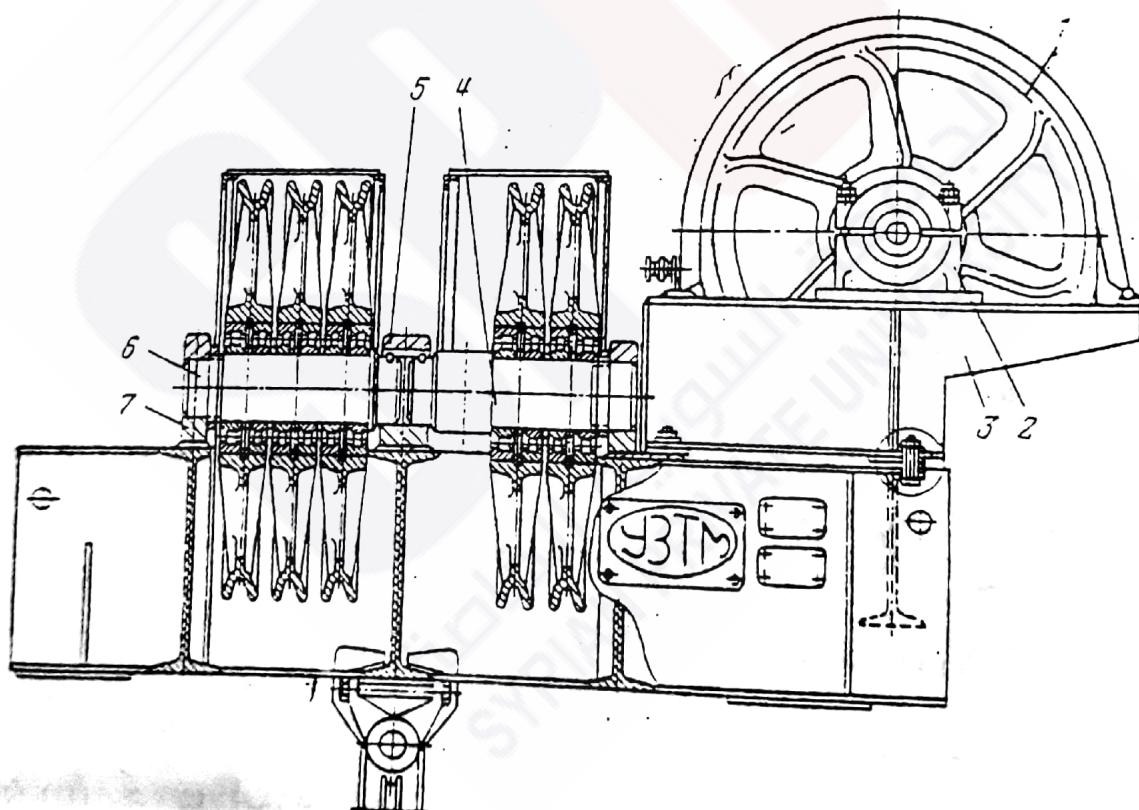


تكون وضعية المحاور على استقامة واحدة ، الأشكال (a,b,c) أو متعامدة ، الشكلان (c,d) .

في الحالة الثانية تخصص البكرة (7) المركبة على المحور (6) لإمداد النهاية المتحركة لحبل الحفر ويكون المحور (6) عمودياً على المحور (2) المركبة عليه بقية البكرات .

تستخدم الجاميع متعامدة المحاور ، الشكل رقم (X-6) في :

- الوحدات ذات الأبراج الصاربة .
- حالات توضع الأجهزة الرافعية على قواعد منخفضة عن مستوى أرضية (منصة) البرج لمنع تشابك الطرف المتحرك لحبل الحفر مع أجزاء البرج .
- حالات استخدام منظومة الرفع الآلية .



الشكل رقم (X-6) : مجموعة البكرات الناجية متعامدة المحاور .  
1: البكرة الجانبية . 2: مسند المحور الجانبي . 3: الميكل . 4: المحور الوسيط .  
5: المسند الوسيط . 6: المحور الأول . 7: غطاء المضلع .

## X-5-2 : التصميم الأساسي لمجموعة البكرات المتحركة

تستخدم في أغلب وحدات الحفر بمحاميع بكرات متحركة أحادية المحور ،

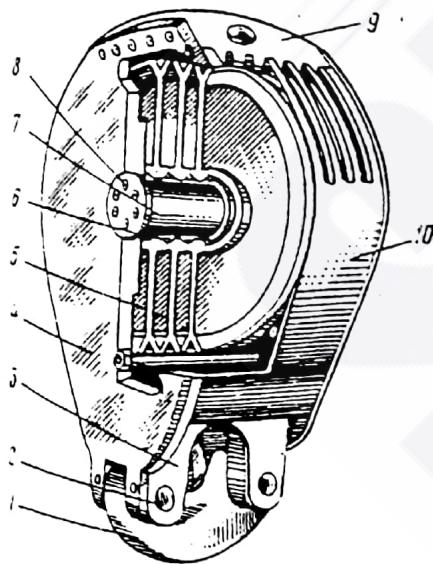
الشكل رقم (X-7) .

وتتشتت المجموعات المستخدمة في وحدات الحفر ذات المنظومة الآلية للرفع والتدوير التحتي لعمود مجموعة المواسير بواسطة المنصة الروحية حيث تستخدم فيها

محاميع بكرات متحركة ثنائية المحاور ، الشكل رقم (X-8).

تصمم مجموعة البكرات المتحركة بأقل قياسات ممكنة ، خصوصاً عرضها ،

لكونها جزءاً متحركاً داخل هيكل البرج يمر بين محاور إسناد المواسير عند قاعدة (بلاكون ) عامل البرج خلال تجميع المواسير في مخزن المواسير على البرج مما يتطلب تأمين الحد الأدنى من الفراغ لسلامة العاملين و العمل .

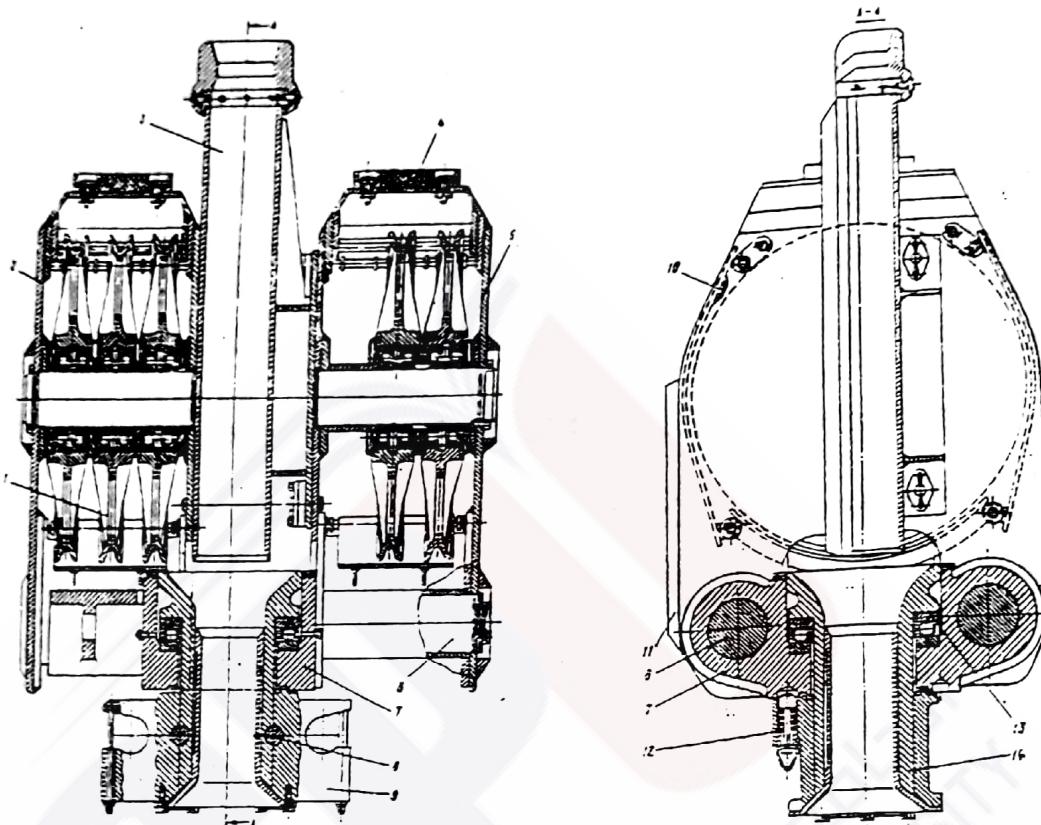


الشكل رقم (X-7) :

مجموعة بكرات متحركة أحادية المحور الثابت (7) الذي تركب عليه من خلال مضاجع اهتزازية (6) بكرات المجموعة (5) .

لتؤمن عدم انزلاق المحور من مسانده في الصنائع الجانبية ، ثبت نهاية المحور بهذه الصنائع بواسطة براغي (8) وتغطى بكرات المجموعة من الأمام والخلف بغطاء فولاذي صفائحي (10) يحتوي شقوقاً طولية لمرور الخطوط العاملة لحب الحفر .

ت تكون مجموعة البكرات المتحركة ثنائية المحاميع ، الشكل رقم (X-8) ، من مجموعتين منفصلتين (2) و (5) من البكرات (1) ، كل منها محاطة بغطاء فولاذي (10) مدعوم بغطاء إضافي (11) يحمي المجموعة من الصدمات .



الشكل رقم (X-8) : مجموعة ثنائية المحاميع ثنائية المحاور

يربط المجموعتين جذع أسطواني فولاذي محوف (3) يمر من خلاله مقطع المواسير المرفوع أو المنزل ، مزود بوصلة مخروطية من الأعلى تقوم بدور الموجة لمجموعة البكرات خلال تحركها على طول مقاطع المواسير .

يشتبك ، في الجزء السفلي من الصفائح الجانبية للمجموعتين ، محورين (6) لحمل مجموعة التعليق (7) التي يركب عليها موضع اهتزازي استنادي يرتكز عليه قدح أسطواني مسنن (14) مثبتة به عتالات التعليق (9) بواسطة محاور ثبيت (8) لتعليق قضبان تعليق لاقطة (ماسكة) المواسير الآلية أو عتلة تعليق الرأس الهيدروليكي .

تزود هذه العتالات بقفل ذاتي (12) لمنع خروج هذه القضبان خلال عمل الأجهزة أو خلال عمليات الرفع والإنزال . إضافة لذلك تزود كل مجموعة بوسادة

مطاطية (4) يتوضع عليها مركز الدرکمان الآلي عند الرفع .  
**X-5-3 : بكرات مجموعتي البكرات الثابتة والمحركة**

تصنع بكرات المجموعتين بتصميم واحد وقياسات واحدة .  
 يؤثر قطر البكرة وقياسات قناتها في طول عمر خدمتها وفي استهلاك حبل الحفر ، حيث يزداد طول عمر الخدمة الإرهابي لحبل الحفر كلما زاد قطر البكرة لأن ذلك يؤدي إلى تقليل الإجهادات المتغيرة المتكررة المتولدة في حبل الحفر عند الالتفاف حول البكرة .

يتم تحديد قطر بكرات المجموعتين في وحدات الحفر حسب قياسات البرج وسهولة العمليات المرتبطة بعمليات إزاحة ونقل مقاطع المواسير إلى مخزن المواسير على منصة البرج . وتبين التجارب والتطبيقات العملية أن القيمة المقبولة لقطر البكرات تحدد وفق الصيغة التالية :

$$\frac{D_{p,k}}{d_w} = 150 - 160 \quad (X-30)$$

حيث إن : K : احتياطي متانة الحبل .  
 $D_w, D_p$  : قطر البكرة عند فعر قناتها وقطر حبل الحفر .

تصنع قناة البكرة ، الشكل رقم (X-9) بمثابة رقم (V) بعواطف وقاعدة مستديرة تؤمن سطح استناد كاف لحبل الحفر .

يحدد نصف قطر تغير (استدارة) قاعدة قناة البكرة وفق قطر الحبل المستخدم :

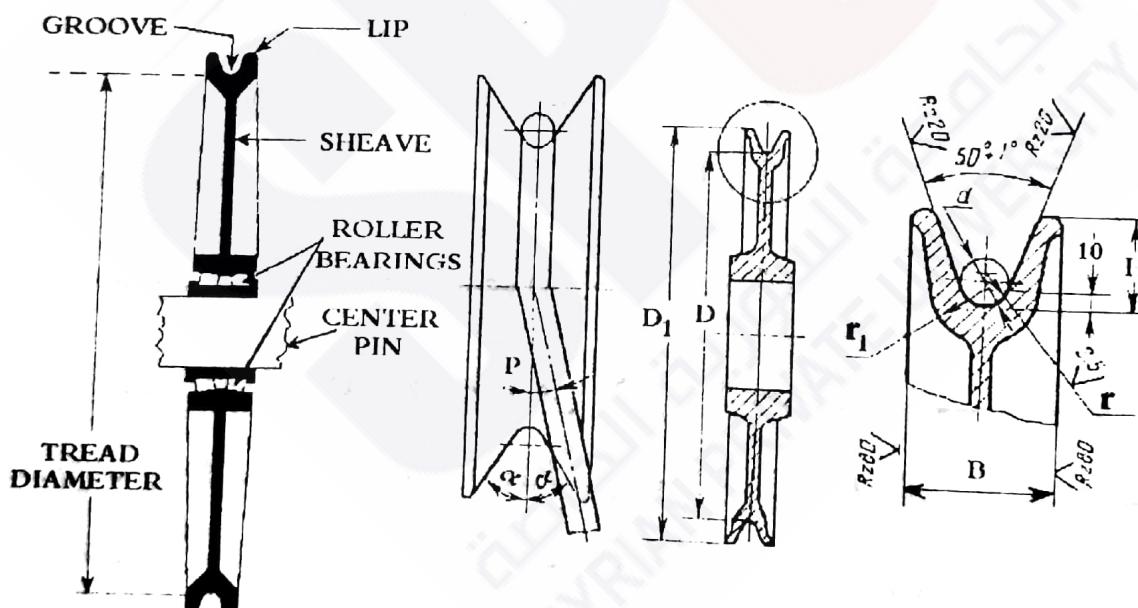
$$r = \frac{d_w}{2} + (2.5 - 4) \quad \text{mm} \quad (X-31)$$

تؤدي الزيادة الكبيرة لقيمة نصف قطر البكرة ( $r$ ) إلى تقليل سطح الاستناد لحبل الحفر ونتيجة ارتفاع الضغط التماسي ينخفض طول عمر خدمة حبل الحفر . لذلك يجب تعاون قطر الحبل مع مهمته ونوع البكرة المستخدمة .

لتلافي الاستهلاك المبكر لقناة البكرة يجب تأمين انسياپ حركة حبل الحفر حول البكرة دون عرقلة إذ يؤدي تماس الحبل مع سطح قناة البكرة وجوانبها إلى تولد قوى احتكاك قيمتها تساوي فارق السرعة الخطية لحبل الحفر على جهتي البكرة .

لتتأمين العمل الطبيعي لحبل الحفر يجب أن تكون زاوية ميل جدران قناة البكرة أكبر من زاوية ميل الحبل عن مستوى دوران البكرة .

يحدد ميل الخطوط العاملة لحبل الحفر عن مستوى دوران البكرة بنوع تركيبة منظومة الحبال والانحراف مجموعة البكرات المتحركة المعلقة بصورة حرفة بالنسبة إلى مجموعة البكرات التاجية (الثابتة) نتيجة فارق عدد البكرات في المجموعتين . تزداد زوايا ميل الخطوط العاملة لحبل الحفر عن مستوى البكرات الدوارة عند رفع مجموعة البكرات المتحركة وتصل قيمتها العظمى عندما تصبح مجموعة البكرات المتحركة عند الارتفاع الحدي المسموح به .



الشكل رقم (9-X) : مخطط تصميمي لبكرات منظومة الحبال

## X-6 : الأسس الحسابية لمنظومة الحبال

يتم حساب أجزاء و مجاميع منظومة الحبال على المثانة وفق أكبر حمولة خطيرة تشمل الحمولة العاملة القصوى وزن أجزاء المنظومة المتحركة .

تحدد الحمولة العاملة القصوى ( $P_{\max}$ ) بالحمولة المسموح بها على الخطاف المقررة لكل صنف من أصناف وحدة الحفر . ومع حساب الوزن الذاتي للأجزاء المتحركة من منظومة الحبال تكون الحمولة الحسابية على كل جزء من أجزائها كالتالي :

### أولاً : الحمولة المؤثرة في الخطاف

تحدد على أساس وزن عمود مجموعة المواسير المغمور في سائل الحفر ووزن

لاقطة المواسير وفق العلاقة :

(X-32)

$$P_h = P_{\max} + G_e$$

(X-33)

حيث إن :

$G_e$  : وزن رافعة (لاقطة) المواسير مع قضبان تعليقها .

$q_d$  و  $q_c$  : وزن المتر الطولي الواحد من مواسير وأعمدة الحفر .

$L_c$  ،  $L_d$  : طول عمود مواسير الحفر وعمود أعمدة الحفر .

$\rho_m$  ،  $\rho_r$  : كثافة سائل الحفر ومعدن المواسير على التوالي .

### ثانياً : الحمولة المؤثرة في أجزاء منظومة الحبال المتحركة

تحسب الحمولة على كل جزء من الأجزاء المتحركة بإضافة وزن الجزء السابق له إلى قيمة الحمولة على الخطاف في العلاقة (X-32) . على سبيل المثال ، الحمولة على أجزاء مجموعة البكرات المتحركة تساوي :

$$P_b = P_h + G_b = P_{\max} + G_e + G_h \quad (X-34)$$

وهكذا بقية الأجزاء .

تحدد قيمة وزن الأجزاء المتحركة من منظومة الحبال للحسابات التصميمية حسب : تركيبة منظومة الحبال وقطر حبل الحفر بما يؤمن سرعة كافية لإزالة رافعة