

وفي حال وجود الفارق في المسامات فإن مشكلة المسالك الدائرية (Cycle Skipping) ستظهر بوضوح أكثر.

وفي حالة وجود أجزاء غضاربة موزعة بانتظام في الطبقة سيطرًا تزداد طفيفًا جداً على القساوة وتتناقص على الأرجح مشكلة المسالك الدائرية.

إن درجة عدم تماسك الطبقات يطابق حاله وجود الغضارب المتancock ضمن التشكيلة التي لها زمان انتشار أكبر من  $\mu\text{sec}/\text{ft}$  100 والعلاقة

$$C_p = \Delta t_{sh} / 100 \quad (11 - 9)$$

تعطي عامل التصحيح  $C_P$  لتصحيح نتائج القياسات الصوتية نتيجة عدم ترابط الطبقات، على الشكل التالي

$$\phi_{Scor} = \frac{\Delta T - \Delta T_{ma}}{\Delta T_f - \Delta T_{ma}} \cdot \frac{1}{C_P} \quad (12 - 9)$$

إن عامل التصحيح  $C_P$  يمكن الحصول عليه من القياسات البترية بعدة طرق:

#### أ - من قياسات المقاومة الكهربائية $R_0$

بمقارنة المسامية الصوتية  $\phi$  مع المسامية الكهربائية للطبقات الرملية النظيفة المجاورة  $R_0$  هذه المسامية تحصل عليها من علاقة أرشى حيث  $F = R_0 / R_W$  حيث تحصل على  $R_0$  من II و من ثم نحسب المسامية

$$\phi_{R_0} = \left( \frac{R_W}{R_0} \right)^{1/m} \quad (13 - 9)$$

ويكون عامل التصحيح

#### ب - عن طريق قياسات الكثافة $\rho$

وذلك بمقارنة المسامية الصوتية  $\phi$  مع المسامية التي تحصل عليها من قياسات الكثافة في الطبقات الرملية النظيفة والمشبعة بالماء المجاورة:

$$\phi_{\rho} = \frac{\rho_{ma} - \rho_b}{\rho_{ma} - \rho_f} \quad (14 - 9)$$

ويكون عامل التصحيح

#### ـ عن طريق قياسات المسامية النيوترونية $\phi_N$

وذلك بمقارنة المسامية الصوتية  $\phi$  مع المسامية التي نحصل عليها من قياسات المسامية النيوترونية في الطبقات الرملية النظيفة والمشبعة بالماء.

$$CP = \phi_s / \phi_N$$

#### 9 - 2 - 3 - تأثير الغضار

إن الغضار يؤثر في الصخور الرملية المتباينة وذلك بزيادة زمن انتشار الأمواج الصوتية  $\Delta T$  المقاسة، وهذا يؤدي بدوره إلى زيادة وهمة في المسامية الصوتية  $\phi$  المحسوبة. لذلك يجب إجراء تصحيح على الزمن المقاس  $\Delta T$  في الطبقات التي تحوي على نسبة معتبرة من الغضار  $V_{sh}$  وفق العلاقة التالية:

$$\Delta T_{corr} = \Delta T_{Log} - V_{sh} (\Delta T_{sh} - \Delta T_{ma}) \quad (15-9)$$

حيث  $\Delta T_{Log}$  زمن انتشار الموجة المقاس في الطبقة المدروسة.

$\Delta T_{sh}$  زمن انتشار الموجة المقاس في الطبقة الغضارية.

$\Delta T_{ma}$  زمن انتشار الموجة للمادة الصلبة المكونة للصخر.

$\Delta T_{cor}$  زمن انتشار الموجة المصحح للطبقة الصخرية.

$V_{sh}$  محتوى الطبقة من الغضار.

هذه العلاقة تستخدم في الواقع بشكل واسع لإزالة تأثير الغضار المتوزع في الطبقات أكثر من استخدامها لإزالة تأثير الغضار المتقطب Dispersed Shale . ولكنها تصلح لكلا النوعين من الغضار Laminated Shale .

#### 9 - 2 - 4 - تأثير المواد الهيدروكربونية.

دللت الخبرة العملية على أن تأثير الهيدروكربونات يظهر بشكل واضح وجلي في طبقات غير المترابطة وخاصة عند احتواها على الغاز. وتأثير الهيدروكربونات يظهر على شكل زيادة في زمن انتشار الموجة الصوتية المقاسة  $\Delta T$ .

إن تأثير الغاز الكلي على القياسات الصوتية صعب التحديد بشكل دقيق. نتيجة لاختراق الضحل للقياسات الصوتية يظهر تأثير الغاز المتبقى في المنطقة

المغزوة أو تأثير الغاز في المنطقة غير المجاتحة على المخطوطات الصوتية.  
وتجد علاقة مترادفة بين تصحيحه الغاز وتصحيحه عدم الترابط (عدم التماسك).  
وتجري كل من تصحيحه الهيدروكربون وتصحيحه عدم الترابط ويعمل  
بالتصحیح الأکبر أي التي تعطی مسامیة  $\phi_{Scor}$  أصغر.  
إن تصحيح وجود المسواد الهيدروکربونیة تجري وتتفذ فقط عند استخدام  
القياسات الصوتية.

عند وجود الغازات في الطبقة يتم تصحيح المسامية الصوتية  $\phi$  بضربها  
عامل تصحيح قدره 0.7 وفق العلاقة التالية:  

$$\phi_{Scor} = \phi \cdot 0.7 \quad (16 - 9)$$
  
وعند وجود النفط في الطبقة يتم تصحيح المسامية الصوتية  $\phi$  بضربها بعامل  
تصحيح قدره 0.9 وفق العلاقة التالية:

$$\phi_{Scor} = \phi \cdot 0.9 \quad (17 - 9)$$
  
ومن الجدير بالذكر أنه لا يجوز تطبيق تصحيحه المسواد الهيدروکربونیة  
وتصحيحه الغضار أو عدم التماسك معاً في آن واحد لنفس الطبقة.

#### 9 - 5 - استفادات القياسات الصوتية

9 - 5 - 1 - تحديد سرعة انتقال الموجة المرنة في الطبقات  
يتم صنع منحنى السرع لانشمار الموجات المرنة في الطبقات كتابع للعمق  
لستخدم من أجل عمل المقارنة مع القياسات الاهتزازية السطحية وإجراء  
الإصلاحات عليها. (راجع الجزء العملي لجيوفيزياء الآبار).

9 - 5 - 2 - تحديد مسامية الطبقات  
كما رأينا في الفقرة (9 - 4) يمكن تحديد المسامية من القياسات الصوتية  
باستخدام علاقه متوسط الزمن والتصحيحات التي تجري على هذه المسامية  
المحسوبة.

### ٩ - ٥ - ٣ - معرفة ليثولوجية الطبقات (تحديد $\Delta T_{ma}$ )

إذا أجرينا القياسات الصوتية على طبقة ذات ليثولوجية ثابتة ولكنها مجهولة فإنه يمكن تحديد هذه الليثولوجية باستخدام تقنية مخطوطات هنفل (Hingle Cross Plots) وتسمى أيضاً في بعض المراجع بـ (Sonic - Resistivity Cross Plot) تحت الشروط الطبقية وتشتمل هذه المخطوطات على التمثيل البياني لقيم القياسات الصوتية  $T$  مع القياسات الكهربائية  $R_t$ ، هذا التمثيل له علاقة تنبئية بالمسامية والأساس الرياضي لهذه المخطوطات يعتمد على علاقة أرشي وعلاقة متوسط الزمن.

$$\phi_R = \left( \frac{a \cdot R_w}{S_w^{\alpha} R_t} \right)^{1/m}$$

$$\phi_s = \frac{\Delta T_f - \Delta T_{ma}}{\Delta T_f - \Delta T_{ma}}$$

$$\text{وبعد أن } \phi_s = \phi_R \text{ وبمساواة العلاقات السابقتين وترتيبهما نحو } \Delta T \text{ نجد:}$$

$$\Delta T = \left[ (\Delta T_f - \Delta T_{ma}) \left( \frac{a \cdot R_w}{S_w^{\alpha}} \right)^{1/m} \right] \frac{1}{R_t^{1/m}} + \Delta T_{ma} \quad (18-9)$$

هذه العلاقة هي معادلة مستقيم (علاقة خطية) إذا كانت نسبة التشبع بالماء  $S_w$  ثابتة ومقاومة الماء الطبقية  $R_w$  ثابتة.

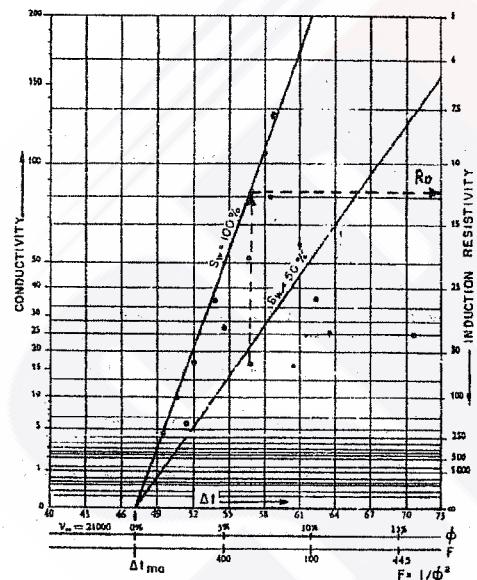
فإذا حملنا زمن الانتشار المقاس  $\Delta T$  على محور السينات وحملنا قياسات المقاومة الكهربائية للطبقة على الشكل  $R_t^{1/m}$  على محور العينات كما في الشكل (9 - 18) فإن النقاط على مخطط هنفل ستتوزع بناء على المسامية ونسبة التشبع بالماء ومحتوى الطبقة من الغضار. وتعد النقاط الواقعة في الصفي اليسار وأعلى المخطط نقاطاً مشبعة تماماً بالماء والخط الواضل بينها يمثل خط التشبع بالماء 1.

ومن دراسة العلاقة (9 - 18) نجد أن  $R_t \rightarrow \infty$  عندما تكون المسامية معدومة أي  $\phi = 0$ .

وهكذا فإن نقطة التقاء خط التشبع بالماء  $1 = S_w$  بمحور السينات أي المحور الذي تحمل عليه قيمة  $\Delta T$  سوف تعطينا قيمة  $T_{ma}$  وهذه القيمة وصفية ووحيدة من أجل ليثولوجية معينة انظر الجدول (9 - 1). ومن الملاحظ أنه عند تواجد الغضار في منطقة أو طبقة معينة فإن النقطة الذي تمثل هذه المناطق الغضارية سوف تجتمع يمين وأسفل المخطط وذلك لأن الغضار يزيد من زمن الانتقال وتختفي المقاومة الكهربائية ومن الجدير بالذكر أن أكثر البراميل المستخدمة لعلاقة أرضي العلامة هي:

من أجل الصخور الكربوناتية  $F = 1/\phi^2$

من أجل الصخور الرملية  $F = 0.62 \phi^{2.15}$



شكل (9 - 18) تمثيل لمخطط هنكل  
Sonic Resistivity Crossplot

#### 5 - 4 - حساب مقاومة العبراء الطبقية $R_w$

هناك عدة طرق لاستخدام القياسات الصوتية في الحصول على  $R_w$  وهي:

أ - باستعمال علاقة Tixier

$$R_w = (\Delta T_{ma} - 70) \frac{R}{K} \quad (19 - 9)$$

حيث

$\Delta T_{sh}$  ز من انتشار الموجة في الطبقة الغضارية استنادا إلى القياسات الصوتية.

$R_{sh}$  المقاومة الكهربائية للطبقة الغضارية. استناد إلى قياسات المقاومة.

$K$  عامل يأخذ قيمتاً تتراوح بين 500 - 600.

اعتمد Tixier في إيجاد هذه العلاقة من الفرضية القائلة بوجود علاقة بين مقاومة الطبقات الغضارية المجاورة وبين درجة تراص هذه الصخور وبين مقاومة المياه الطيفية التي تحويها الصخور الغضارية والتي يفترض بأن هذه المياه هي ذاتها الموجودة في الطبقة النفوذة المجاورة للطبقة الغضارية.

#### بـ - عن طريق مخططات هنفل.

I : باستخدام المسامية الصوتية  $\phi$ .

انطلاقاً من علاقة آرشي العامة

$$\phi^m = \frac{a \cdot R_i}{S_w^n \cdot R_i} \quad (20-9)$$

نستطيع أن نكتب

$$\frac{1}{R_i^{1/m}} = \left( \frac{S_w^n}{a \cdot R_i} \right)^{1/m} \cdot \phi \quad (21-9)$$

$$M = \left( \frac{S_w^n}{a \cdot R_i} \right)^{1/m}$$

تمثل العلاقة (9 - 21) مستقيماً ميله

إذا حملنا المسامية المحسوبة من القياسات الصوتية على محور السنات في مخططات هنفل والمقاومة الكهربائية على الشكل  $1/RT^{1/m}$  على محور العينات. وتعد النقاط الواقعه في أقصى اليسار وأعلى المخطط نقاطاً مشبعة بالماء والخط الواصل بينها يمثل خط التشبع بالماء  $1 = S_w$  والذي يقطع محور السنات عند المسامية  $0 = \phi$  وميله

$$M = 1 / \left( a \cdot R_i \right)^{1/n}$$

$$R_i = 1/a \cdot M^n \quad (22-9)$$

وهكذا بمعرفة ميل المستقيم الممثل لـ  $S_w = 1$  يحسب  $R_w$  من مخططات هنفل باستخدام المسامية الصوتية انظر الشكل (9 - 18).

### II : استخدام القياسات الصوتية $\Delta T$

أولاً : نقوم بتحميل القياسات الصوتية  $\Delta T$  والمقاومة الكهربائية  $1/R_t^{1/m}$  ورسم المستقيم الممثل لـ  $S_w = 1$ ، وفق مخطط هنفل انظر الشكل (9 - 18).

ثانياً: نحسب وفق علاقة وايلي المسامية الصوتية  $\phi$  عند نقطة ما، ولتكن

$$\text{مثلاً } \phi = 19\%$$

ثالثاً: نحسب عامل التشكيلة وفق إحدى العلاقات  $F = 1/\phi^{2.15}$ . أو  $F = 0.62/\phi^2$  والتي تناسب مخطط هنفل ونوع الصخر المدروس.

رابعاً: من نقطة القياس التي حسبت مساميتها  $\phi$  وعامل التشكيلة  $F$  نرفع مستقيماً يوازي محور العينات  $1/RT^{1/m}$  فيقطع المستقيم الممثل للنقطة المشبعة بالماء  $S_w = 1$ . من هذه النقطة نرفع مستقيماً يوازي محور السينات الممثل لـ  $\Delta T$  أو  $\phi$  فيقطع محور  $R_t$  عند القيمة  $R_t$  التي تمثل مقاومة الكهربائية للصخر المشبوع تماماً بالماء ذي المسامية الصوتية  $\phi = 19\%$ .

خامساً: نحسب قيمة مقاومة المياه الطبقية من العلاقة

$$R_w = R_t / F \quad (23 - 9)$$

### III : استخدام مخططات بيكيت PICKETT CROSSPLOT

وهي طريقة أخرى لحساب  $R_w$  عن طريق المخططات البيانية باستخدام القياسات الصوتية وقياسات المقاومة الكهربائية. وفيما يلي نبين الأسس الرياضية التي تقوم عليها مخططات بيكيت.

انطلاقاً من علاقة آرشي التي يمكن كتابتها على الشكل

$$RT = \left( a \cdot R_w \cdot S_w^{-n} \right) \cdot \phi^{-m} \quad (24 - 9)$$

وإذا أخذنا لغاريتم الطرفين نجد

$$\log RT = \log \left( a \cdot R_w \cdot S_w^{-n} \right) (-m \log \phi) \quad (25 - 9)$$

والعلاقة (9 - 25) تمثل معادلة مستقيم ميله  $m$  قيمة عامل المسمنة، ونقطة تقاطعه مع المحور الذي تحمل عليه قيمة  $\log R_i$  تتعلق بقيمة نسبة التشبع  $S_w$ . انظر

الشكل (9 - 19). فإذا كانت 1

فإن المستقيم الممثل لهذه الحالة

إذا مدد بشكل نظري سيقطع

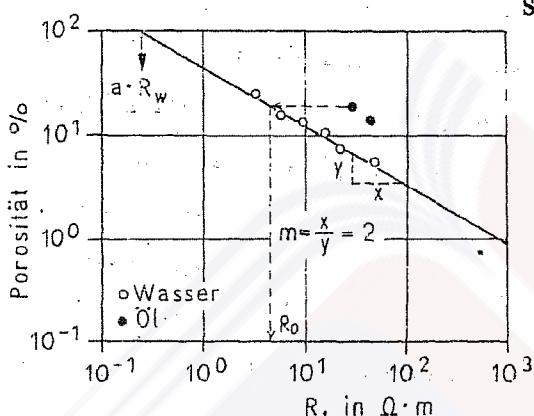
الخط الممثل للمسامية

$\phi = 1$  في نقطة قيمة هذه

النقطة هي مقاومة الكهربائية

للمياه الطبيعية  $R_w$  أي تصبح

العلاقة (9 - 25) عند



شكل (9 - 19) مخططات يتيح لحساب  $S_w$  و  $R_w$ .

$$\log R_i = \log(a \cdot R_w) \quad (26 - 9)$$

#### ٥ - ٥ - ٥ - تحديد نسبة التشبع بالماء $S_w$

أ - تحديد  $S_w$  عن طريق مخططات هنفل. إن نسبة التشبع بالماء تعطى بالعلاقة  $S_w^n = R_0 / R_i$  حيث تحصل على  $R_i$  من القياسات الكهربائية، وتحصل على  $R_0$  من مخططات هنفل باستعمال المستقيم الممثل  $S_w = 1$  الناتج عن استخدام القياسات الكهربائية مع القياسات الصوتية. وتحصل على  $R_0$  للنقطة المراد حساب نسبة تشبعها بأن نرفع من تلك النقطة الموقعة على مخطط هنفل مستقيماً يقطع المستقيم الممثل  $-1 = S_w$  في نقطة مقاومتها  $R_0$  تمثل مقاومية النقطة المقاسة التي لها المسامية نفسها ولكنها مشبعة % 100 بالماء. الشكل (9 - 18) وينطبق العلاقة السابقة نحصل على نسبة التشبع  $S_w$  النقطة المدروسة.

#### ب - تحديد $S_w$ عن طريق مخططات هنفل.

ونستخدم هنا العلاقة نفسها  $S_w^n = R_0 / R_i$  أيضاً، حيث نحصل على  $R_i$  من القياسات الكهربائية، وتحصل على  $R_0$  من مخططات يتيح باستعمال المستقيم

الممثل لـ  $S_w = R_t$  الناتج عن تحويل نتائج القياسات الكهربائية  $R_t$  والمسامية الصوتية  $\phi$ , وذلك برسم مستقيم افقي من النقطة المراد حساب نسبة تشبعها فيقطع المستقيم الممثل لـ  $S_w = R_0$  في نقطة مقاومتها تمثل  $R_0$  مقاومة النقطة المدروسة فيما لو كانت مشبعة % 100 بالماء. انظر الشكل (9 - 19). وبتطبيق العلاقة السابقة نحصل على نسبة التشبع  $S_w$  للنقطة المدروسة.

#### ٩ - ٦ - قياسات ترابط الإسمنت ومبادئه وتسويتها

##### ١ - مقدمة:

يستخدم قياس ترابط الإسمنت لتحديد ما إذا ماكانت المنطقة المنتجة للهيدروكربونات مغزولة هيدروليكيًا عن المنطقة الحاملة للمياه الطبقية غير المرغوب بها، عن طريق بواسطة التحقق من سلامة الإسمنت في الفراغ الحقلي بين مواسير التغليف وجدار البئر بين هذه المناطق.

تقدير جودة ترابط الإسمنت تتضمن ثلاثة مهام أساسية:

- أ - تقدير جودة ترابط الإسمنت مع المواسير.
- ب - تقدير جودة ترابط الإسمنت مع الطبقية.
- ج - تحديد الامتداد العمودي لجودة ترابط الإسمنت.

هذه النقاط الثلاث يمكن أن تحدد بواسطة تقدير أو تفسير قياسات ترابط الإسمنت (Cement Bond Log CBL) مع الطيف السيسمي. هذه المقالة تمثل كيف يقوم بتحديد المهام الثلاث من قياسات CBL وإعطاء أمثلة قياسات عملية.

##### ٢ - المبادئ الأساسية لقياس ترابط الإسمنت

إن جهاز قياس الترابط الأساسي يحتوي على مرسل ومستقبل إشارات صوتية. كما في الشكل (4 - 20). فالمرسل يولد نبضة صوتية التي تنتقل إلى المرسل عبر طرق صوتية مختلفة ومتعددة. والطرق الثلاث الأكثر وضوحاً وأهمية والملاحظة هي:

- أ - مواسير التغليف.
- ب - الغلاف الإسمنتى والطبقية.

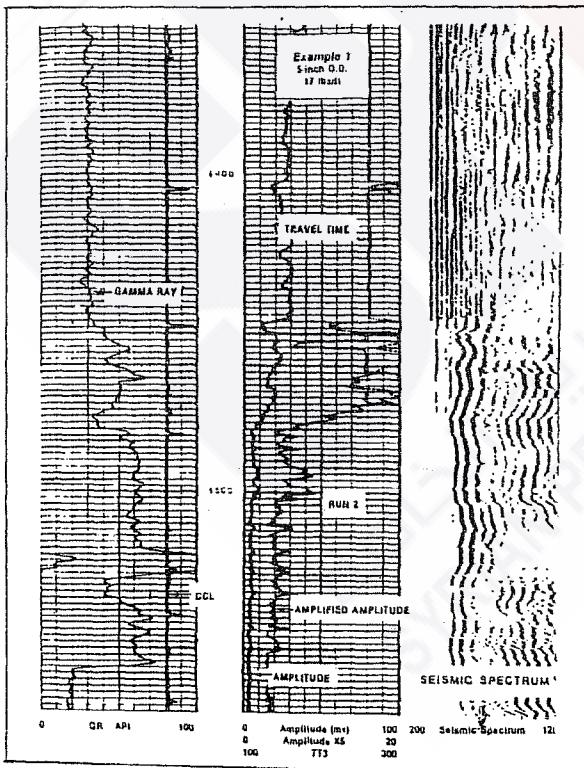
## حـ - سائل الحفر.

ينتقل الصوت في الأوساط المختلفة وفق سرعات مختلفة، وال Morgat الصوتية المنتقلة

عبر الطرق الثلاث تصل عادة في ثلاثة أزمان مختلفة. أ زمن الوصول الثالث الأكثر شيوعا هي:

- أ - زمن الوصول عبر مواسير التغليف.
  - ب - زمن الوصول عبر الطبقة.
  - جـ - زمن الوصول عبر سائل الحفر.
- هذه الوصولات يمكن أن تغير اعتمادا على عوامل عددة مثل نوعية الطبقات، قطر البئر المفتوح، قطر مواسير التغليف

شكل (9 - 20) العادي النظرية للمقياسات الصوتية لترابط الإسمنت



عدم تحديد جودة ترابط الإسمنت مع مواسير التغليف فإننا نقوم ب بصورة تقريبية الانش الأول من الإسمنت المحيط بمواسير التغليف وذلك بلاحظ خواص لزمن الوصول عبر المواسير. ونحدد ترابط الإسمنت مع الطبقة بتحليل أزمنة الوصول عبر الطبقة.

### 3- تهليل قياسات ترابط الإسمنت

شكل (9 - 21) تمثل منحنيات باسات ترابط الإسمنت كما نرى في الشكل: من اليسار إلى اليمين يكون

المنحي الأول لقياسات GR والمنحي الثاني لوصلات المواسير CCL. والترابط بين هذين المنخيين يقدم مراقبة للأعمق من أجل CBL ومن أجل الأعمال المستقبلية في البئر. المنحي الثالث هو منحي السعة. الذي يقدم المعلومات المستخدمة لتقدير مدى ترابط الإسمنت مع مواسير التغليف. ومجال منحي السعة ذو مقياس يبدأ من 0 إلى 100 ملي فولت (v . m). والمنحي الرابع هو منحي السعة المضخم، هذا المنحي يكون عادة من خمسة أربعة حساسة مثل منحي السعة ومجال مقياسه هو 1/5 مجال مقياس منحي السعة. المنحي الخامس في المثال هو منحي أربعة العبور. هذا المنحي يستخدم لمراقبة نوعية منحي السعة ولمساعدة في عملية التفسير في الطبقات ذات الصخور الصلبة. مجال مقياس هذا المنحي سيتغير اعتماداً على مقاييس مواسير التغليف. المنحي الأخير المقدم هو الطيف السيسمي (الطيف الاهتزازي) ذو المقياس من  $\mu\text{sec}$  1200 - 200. معطيات هذا الطيف ستستخدم في تقدير نوعية ترابط الإسمنت مع الطبقة.

#### 9 - 4 - 6 - جودة ترابط الإسمنت مع مواسير التغليف

يتم تقدير جودة ترابط الإسمنت مع مواسير التغليف بتحليل صفات الأمواج المنتقلة عبر مواسير التغليف. تنتشر الموجة من المرسل خلال سائل الحفر وتصطدم مع المواسير مسببة اهتزازاً أو طنيناً. ينتقل هذا الاهتزاز في مواسير التغليف ويعود إلى المستقبل عبر سائل الحفر. إن سعة الإشارة العائدة والمسجلة بواسطة المستقبل تعتمد على عدة عوامل:

أ - سعة النبضة الصوتية الأولية ب - القطر الداخلي لمواسير التغليف ج - نوع سائل الحفر الموجودة في البئر. ه - سمكية جدار مواسير التغليف. هـ - كمية الإسمنت المترابطة مع مواسير التغليف. و - قوة الضغط على الإسمنت المترابط مع مواسير التغليف.

إن تأثير العامل الأول عولج بواسطة معايرة الجهاز ليعطي نبضة أولية ذات سعة ثابتة. أما تأثير كل من نوع سائل الحفر ومواسير التغليف، على سعة الإشارة العائدة فيمكن التنبؤ به اعتماداً على علاقات تجريبية اشتقت من الخبرة العملية.

العاملان الباقيان، كمية الاسمنت المترابط مع المواسير وقوة الضغط على هذا الاسمنت هما المتغيران اللذان لا يمكن التبعي بهما واللذان يؤثران في سعة الإشارة الصوتية المستقبلة. فكلما زادت كمية الاسمنت المترابط مع المواسير أو نقصت قوة الضغط على الاسمنت كلما نقصت سعة الإشارة المستقبلة وذلك لأن هاتين الخاصتين تعيقان قدرة المواسير على الاهتزاز.

والنتيجة المهمة من ذلك بأنه كلما تزايّدت جودة ترابط الاسمنت مع المواسير تناقصت سعة الوصلات العائدة عبر المواسير . ولما كانت هذه النتيجة هامة فمن الضروري تعرّف على حدودها . هذه الحدود هي:

أ - 75% من الإشارة الصوتية العائدة هي نتيجة الانش الأول من الإسمنت المحيط بالمواسير.

ب - إذا كان سمك الغلاف الإسمنتي الذي يربط المواسير بالطبقة أكبر من  $4 / 3$  الانش فإنه يعمل كغلاف متاهي السمكاة من أجل الطبقات ذات قوى الضغط العالية .

حـ - إذا كان سـمـكـ الغـلـافـ الإـسـمـنـتـيـ أقلـ مـنـ 4ـ /ـ 3ـ الـاـتـشـ فإـنـهـ لـنـ يـخـفـ الإـشـارـةـ لـالـعـانـدـ بـشـكـ كـامـلـ وـلـذـلـكـ يـعـطـيـ تـقـوـيمـ خـاطـيـ لـلـإـسـمـنـتـ.

د - وجود القنوات الدقيقة في الغلاف الإسمنتي يؤدي إلى تقويم خاطئ لترابط الإسمنت مع المواسير.

هـ - الإشارة العائدة من التشكيلات الصخرية القاسية ( $\Delta t > 60 \text{ } \mu\text{sec}$  / ft) تتدخل مع سعة الإشارة العائدة عبر مواسير التغليف التي تعتمد عليها تقنية التفسير مما يؤدي إلى خطأ في التفسير.

٩-٦-٥ - نتنيات تفسير جودة ترابط الإسمنت مع مواسير التغليف هناك نتنيات أساسيات لتقديم جودة ترابط الإسمنت مع مواسير التغليف هما:

**٦ - ٥ - ١ - تقييم دليل الترابط (BOND INDEX - BI)**  
 دليل الترابط هو النسبة بين استجابة الساپرة CBL في المنطقة المدروسة واستجابتها في المنطقة التي سمعتها % 100. ويعبر عنها رياضياً.

(27 - 9)

$$B.I = \frac{db / ft}{db / ft * 100} \times 100\% \quad \text{نخامد الموجة في المنطقة المدرستة \% ذات المسنة ذات}%$$

والتخامد تعريفا هو معدل انخفاض سعة الموجة العائدة المقاسة بـ mv والتخامد يقاس db/ft. ولذلك يجب تحويل القياسات (الاستجابة) إلى معدل تخامد بـ db/ft. ويلاحظ عند ازدياد السعة المقاسة بـ mv فإن التخامد المقاس db / ft يتلاقص. والشكل (9 - 22) يوضح العلاقة بين السعة ومعدل التخامد بالنسبة لمواسير تغليف ذات قياسات مختلفة. ولحساب BI من قياسات CBL نأخذ أقل قراءة لسعة من مخطط CBL ونفترض بأن هذه القراءة هي ل الرابط 100% بين الإسمنت ومواسير التغليف. ندخل هذه القراءة في المخطط على اليسار وتحرك إلى اليمين بموازاة الخطوط الوتيرة حتى تتطابق مع الخط الشاقولي الممثل للقطر الخارجي لمواسير التغليف المستخدمة، ومن هذه النقطة تتحرك أفقياً باتجاه اليمين ونقرأ التخامد لتلك الإشارة العائدة مقدرا db/ft. وبالطريقة نفسها نحسب تخامد الإشارة العائدة في المنطقة المدرستة ومن ثم نحسب BI من العلاقة (9 - 27). إن قيمة دليل الترابط تتراوح بين الصفر والواحد.

تدل الخبرة العملية والتجارب أن ترابط الإسمنت يعد جيداً إذا كانت قيمة BI أكبر من 0.6. وفي الحياة العملية يتم إيجاد قيمة السعة بـ mv المقابلة لقيمة BI

0.6 من المخطط (9 - 22).

وتسمي قيمة السعة

المقرورة بحد الإسمنت

good cement cutoff

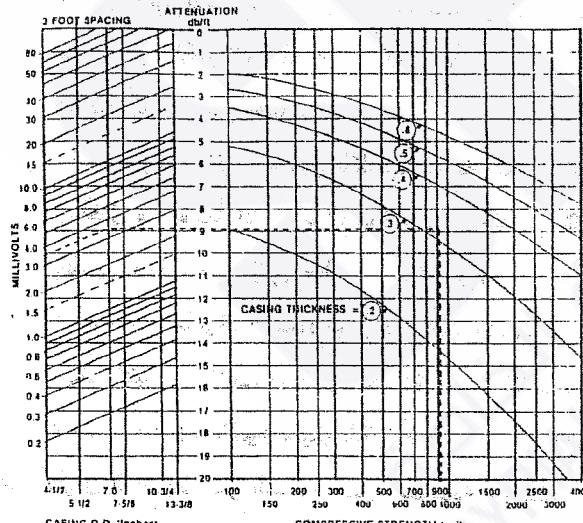
وأية قراءة على منحني

CBL أصغر من هذه القيمة

تعني إسمنتنا جيداً الترابط.

شكل (9 - 22) مخطط لتحويل السعة.

db/ft إلى التخامد MV



## 6 - 2 - تقنية قوة الضغط Compressive Strength Technique

أظهرت التجارب المخبرية وجود علاقة بين قوة ضغط الإسمنت واستجابة CBL، وكما أظهرت التحاليل الرياضية التي أجريت بأن معدل تخدام إشارة CBL هوتابع لقوة ضغط الإسمنت ولسمكافة مواسير التغليف. وبناء على هذه العلاقة الرياضية استطُع مخطط يربط استجابة CBL المقاسة بالميلى فولت وقوة ضغط الإسمنت من أجل قياسات مختلفة لمواسير التغليف. قوة ضغط الإسمنت مهمة جدا لأنها كلما كانت هذه القوة زادت إمكانية العزل للإسمنت.

ولحساب قوة الضغط ندخل على المخطط (9 - 22) قراءة CBL بالميلى فولت وتتحرك نحو الأعلى بموازاة الخطوط القطرية حتى يتقطع مع الخط العمودي الممثل للقطر الخارجي لمواسير التغليف ثم تتحرك أفقا إلى اليمين حتى تقطع مع الخطوط المنحنية الممثلة لسمكافة مواسير التغليف. ومن هذه النقطة تنزل شاقوليا ونقرأ قيمة قوة ضغط الإسمنت مقدرة بـ .PSI

اكتشاف قوى ضغط غير طبيعية بالقياسات يمكن أن يعزى إلى الأسباب التالية:

- ١ - عدم وجود إسمنت.
- ٢ - وجود غلاف إسمنتي رقيق.
- ٣ - الإسمنت لم يتصلب بشكل كامل.
- ٤ - ثلوث أو فساد الإسمنت.
- ٥ - إمكانية وجود أقبية.
- ٦ - إمكانية وجود فراغ حلقي تقيق جدا.
- ٧ - استعمال إسمنت ذي قوة ضغط منخفضة.
- ٨ - وجود منطقة غير نظامية في مواسير التغليف.

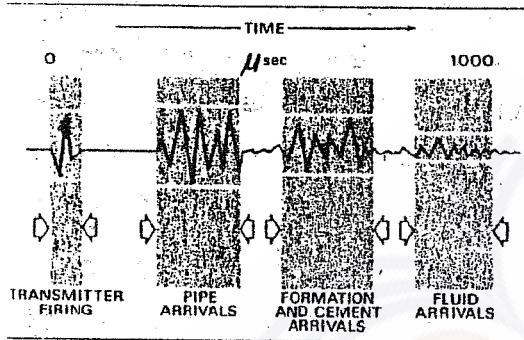
إن معرفة المسافة الشاقولية للإسمنت اللازم لتحقيق العزل بين الطبقات، يعد عاملا هاما، وتتأثر هذه المسافة بعوامل كثيرة منها:

- ١ - الشروط الطبقية للمكان.
- ٢ - اختلاف الضغوط بين الطبقات.
- ٣ - المواصفات الهندسية للبتر.

٩ - ٦ - دراسة نوعية لترتبط الإسمنت مع الطبقة.

يستخدم الطيف السايزمي لتقويم ترابط الإسمنت خلف الانش الأول من الإسمنت بمعنى آخر ترابط الإسمنت والطبقة. يظهر الشكل (9 - 23) بأن

المجموعة الأولى من الأمواج الصوتية الواردة إلى المستقبل تكون عبر مواسير التغليف والثانية عبر الطبقة والثالثة عبر سائل الحفر.

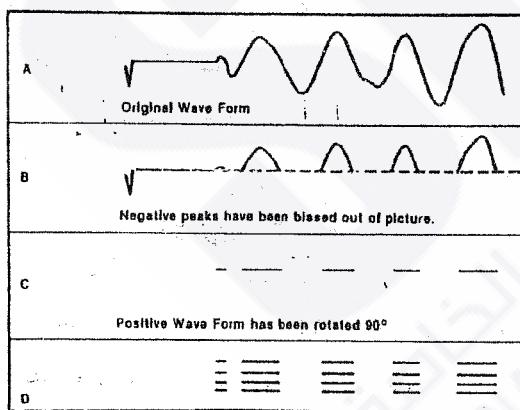


وتخامد الموجات الصوتية بانتظام مع مرور الزمن في كل مجموعة على حدة، زمن الوصول الأولي عبر مواسير التغليف وعبر سائل الحفر تكون عادة تكون ثابتة ومعروفة.

شكل (9 - 23) أهم المجموعات العائدة إلى المستقبل

وفي الواقع لا تكون صورة الأمواج منفصلة كما في الشكل بل متداخلة مع بعضها. ولهذا السبب ومن أجل تحديد سهل لهذه المجموعات فمن المهم دراسة خصائص كل مجموعة من الأمواج الصوتية. إن صور الأمواج الاهتزازية المسجلة تكون شبيهة بصورة الموجة في الشكل (9 - A). ونحصل على طيف الأمواج الاهتزازي وفق المراحل المعينة في الشكل (9 - 24) :

#### أ - الغاء القيم السالبة من الإشارة الأصلية (B)



ب - تدوير سعة الإشارة الموجية بزاوية (90°)  
واسقطها على المستوى الأفقي (C)

ج - ترسم الأطيف فوق بعضها وبعض للحصول على الطيف الاهتزازي لكامل البئر (D)

شكل (9 - 24) يوضح كيفية الحصول على طيف الأمواج الاهتزازية.

إن وصولات الموجة عبر المواسير يشكل خطأ عمودياً مستقيماً تقريباً وقيمة هذه الوصولات تعتمد على قابلية المواسير للاهتزاز وعلى قوة الإشارات.

#### ٩-٦-٦ - ١ - صفات الإشارة القادمة عبر المواسير.

- أ - زمن وصول ثابت تقريباً. ب - تمتاز بنمذج محدد عند الوصلات.
- ج - إمكانية التبعي بزمنها. د - تشابه الأمواج القادمة عبر المواسير.

#### ٩-٦-٦ - ٢ - صفات الإشارة القادمة عبر سائل الحفر.

إن الأمواج الوالصلة عبر سائل الحفر تصل متأخرة عن سلسلة الأمواج الأخرى وبسبب الصفات المرنة لسائل الحفر فهي ضعيفة ومترادفة مع الأمواج العرضية الواردة عبر التشكيلة وتتصف بما يلي:

- أ - زمن وصول ثابت تقريباً. ب - إمكانية تكرار الإشارة
- ج - الإشارة ضعيفة بطبعها. د - إمكانية التبعي بزمن وصولها.

#### ٩-٦-٦ - ٣ - صفات الإشارة القادمة عبر الطبقة

إن الموجات القادمة عبر الطبقة تصعب ملاحظتها ولكنها الأهم في تفسير طيف الأمواج الاهتزازية. إن وجود الوصولات عبر الطبقة في قطار الأمواج هي دلالة مهمة على الوصل الصوتي بين مواسير التغليف وجدار الطبقة، وهذا يشير على ترابط جيد للإسمنت مع كل من المواسير والطبقة. وصفات الإشارة القادمة عبر الطبقة هي:

- أ - استمرارية شاقولية. ب - زمن وصول متغير. ج - الصورة العكسية للقياسات الصوتية في الآبار المفتوحة تتعاكض مع طيف الاهتزاز بسبب المقاييس (Scaling).
- د - المناطق التي تسبب مشكلات في عملية التفسير.

إن الظروف غير الطبيعية داخل البئر قد تخلق إشكالات في عملية تفسير قياسات CBL. الظروف والمناطق الأكثر شيوعاً المسيبة للمشكلات هي:

- أ - الصخور القاسية ذات سرع الانتشار الكبيرة.
- ب - الفراغات الحلقية الميكروية بين المواسير والإسمنت.
- ج - طريقة غسل جدران البئر والمواسير.

- د - أزمنة وصول الإشارة عبر الإسمنت
- ه - تشكل سدادات خارجية.
- و - تشكل غلاف إسمنتني رقيق
- ز - خشونة الجدار الخارجي لمواسير التغليف.
- ح - الإسمنت الطرفي غير المتصلب.
- ٩-٧-٨ - مراقبة جودة نتائج التفسير:
- الخطوات التالية يجب أن تجرى للتأكد من جودة نتائج التفسير:
- أ - القراءة مقابل المواسير الحرة يجب أن لا تزيد عن القيمة المتوقعة.
- ب - زمن وصول الإشارة عبر المواسير يجب أن تكون نسبياً ثابتة وهذا يشير تمركز المواسير مع محور البئر.
- ح - يجب أن يكون وزن مواسير التغليف معروفة في المناطق المدروسة (سماكية مواسير التغليف).
- ء - يجب أن يجري القياس مع الضغط ومن دونه. إذا لوحظ تغير مميز في السعة، يجب إعادة إجراء القياس بزيادة الضغط.
- ه - يجب توافر قياس تغير قطر البئر للمساعدة في فهم وتفسير قياسات CBL.
- و - كل مواصفات الإسمنت يجب أن توافر مثل زمن التصلب المواد المضافة إلى الإسمنت، قوة الضغط المتوقعة...
- ز - قياس ترابط الإسمنت يجب أن لا يجرى قبل أن يصل الإسمنت إلى 75% من تصلبه الكامل.