

الفصل الرابع

مبادئ التقانة الاقْتفائية الاشعاعية

Principles of Radiotracer Technique

٤- ١ المقدمة :

التقانة الإقتفائية الإشعاعية تعرف بأنها طريقة الحصول على معلومات مهمة عن المادة داخل منظومة باقتفاء (تتبع) تصرفها في تلك المنظومة أو جزء منها .والمقتفي (Tracer) يكون في العادة مصدرا مشعا مفتوحا. اثبتت هذه الطريقة جدارتها في دراسة كثير من التطبيقات الهندسية والمراحل الإنتاجية بالإضافة الى الظواهر الفيزيائية والكيميائية. والتقنية الإقتفائية الشعاعية، التي تستعمل مقتفيا مشعا كما يستدل من تسميتها، تزودنا بمعلومات عن منظومة ما او جزء منها لايمكن الحصول عليها بالطرق الاعتيادية في بعض الاحيان، ان الحصول على المعلومات المطلوبة متعب جدا ويستغرق وقتا طويلا.

يعتمد اختبار المقتفي المشع على نوع الفحص المطلوب . و من أهم العوامل اللازمة لاختيار المقتفي الإشعاعي هي:-

- ١- خواص المقتفي و تصرفه يكون مشابه تماما لمادة الوسط الداخلة فيه.
- ٢- لا يمكن للمقتفي الانفصال عن الوسط نتيجة التبخير، الترسيب، الامتصاص والإمدصاص.
- ٣- لا يسبب خطورة إشعاعية على ان يتم إختياره التركيز بحيث يمكن إجراء القياس بدون تعرض اشعاعي ضار.
- ٤- اخذ العامل الاقتصادي عند إجراء القياس بعين الاعتبار بحيث تكون الكلفة المادية للمقتفي رخيصة الثمن .

هذه التقانة المهمة تستخدم كثيرا في صناعات النفط والغاز وعمليات الاستخراج حيث يتم اختيار مواد مشعة صلبة، سائلة أو غازية لغرض اقتفاء حركة المواد داخل الأنابيب و الأوعية. معظم المواد المشعة المستخدمة تكون ذات نشاط اشعاعي يمكن الكشف عنه بسهولة ويسر.

٤ - ٢ مزايا المقتفي الإشعاعي :

أهم مزايا المقتفي الإشعاعي هي:

١- قدرتها على تتبع المواد المراد فحصها ولا تكون لها نفس الخواص الكيميائية ولا تتفاعل مع المواد التي تحتويها المنظومة و يتصرف بشكل ثابت داخل الوسط الذي يحويه خلال اجراء التجربة من بدايتها وحتى نهايتها.

ب- يكون المقتفي مستقرا بحيث لا يمكن أن ينحل أو يتفكخ في درجات الحرارة العالية والضغط، أو في محيط متآكل يمر فيه و لاينفصل عن الوسط بواسطة الامتصاص او التبخر او الترسيب.

ت - استعمال اقل ما يمكن من النشاط والسمية الإشعاعية لإجراء التجربة.

ث- عمر نصف المادة المشعة كافي لكي يتيح الوقت اللازم لاجراء القياسات بدقة اثناء او بعد التجربة ويكون النشاط الإشعاعي المتبقي اقل ما يمكن.اي ان عمر النصف طويلا نوعا ما، وان يكون من جهة اخرى قصيرا نسبيا وذلك لامكان اعادة التجربة ان تطلب الامر ذلك بدون انتظار طويل وباقل تأثير من الإشعاعات المتخلفة او العالقة في الوسط بعد الانتهاء من التجربة الاولى.

ح- تتحل مادة المقتفي المشعة ببعث إشعاعات يمكن الكشف عنها بسهولة.ويحبذ ان يكون النشاط الإشعاعي النوعي عاليا لأخذ نماذج مناسبة من الوسط تحتوي على نشاط اشعاعي كافي للقياس

ضمن حدود الاخطاء الاحصائية (Statistical Errors) .

ج - يكون نوع وطاقة الاشعاع مناسبين لاجراء التجربة.ولايسبب خطورة إشعاعية وان التركيز الاقصى المسموح للمقتفي في الوسط يجب ان يكون عاليا نسبيا ولكن في حدود استعماله بامان.

خ- سهولة انتاج المقتفي المشع وتوفرة باقل التكاليف.

اما مزايا المقتفيات المشعة فيمكن تلخيصها بما يلي:

١- توفر المقتفي المشع لاقتفاء اي عنصر من معظم العناصرو بحساسية عالية في القياس.

٢- سهولة اجراء القياسات نسبيا.

٣- وجود الخاصية الاشعاعية للمقتفي تسمح بتشخيصه نوعيا وكميا.

٤- سهولة الكشف عن كمية المقتفي مهما كانت ضئيلة، لذا يمكن اهمال وزنه او التغير الحاصل في كتلة او كثافة الوسط في التقديرات الكيميائية الكمية لاغراض عملية.

٤ - ٣ المصادر المشعة الاقترافية:

النظائر المشعة المستخدمة في التطبيقات الاقترافية الشعاعية اما نظيرا مشعا يضاف الى الوسط تحت الدراسة او ان يؤخذ جزء من الوسط ويشعع في مفاعل نووي ثم يضاف الى الوسط مرة اخرى. ويستخدم المقتفي في الحالات الصلبة او السائلة او الغازية. وفي معظم التطبيقات الصناعية يتوفر خيار واسع لاستعمال احد النظائر المشعة وفي حالات اخرى يتحتم استعمال نظير معين.

اهم المصدر المستعملة في التطبيقات الاقترافية الشعاعية:

١ - مصادر الفا

لاستخدم المصادر الباعثة لجسيمات الفا كنظائر اقترافية لعدة اسباب.

أ - النظائر المشعة الباعثة لجسيمات ألفا لا يمكن الكشف عنها بسهولة الا اذا كانت تصاحبها دقائق بيتا او اشعة جاما. وبالرغم من توفر اجهزة كاشفة لدقائق الفا يجب ان تكون قريبة جدا من موقع المصدر لتكون ضمن مدى وصول هذه الدقائق لاجراء الكشف اللازم.

ب - مصادر الفا خطرة جدا من الناحية البيولوجية في حالة التلوث الداخلي (استنشاق الهواء الملوث بها او ابتلاعها).

٢- مصادر بيتا

النظائر الباعثة لجسيمات بيتا مثل H^3 و C^{14} وهي مصادر نقية (تبعث دقائق بيتا فقط) تمتاز بسهولة مناولتها من منطقة الى اخرى وإمكانية استخدامها كمؤشر لبعض الخواص المهمة في المنظومة .ويمكن قياس دقائق بيتا بكفاءة عالية ومن مسافات قريبة من المصدر بواسطة الاجهزة الكاشفة لها ، وامكانية تشخيصها في نموذج ما بواسطة تمييز الطاقة لكل منها ولهذه العوامل أهمية خاصة في التطبيقات الاقثنائية وخاصة الكيمياء العضوية والحياتية .

٣ مصادر جاما

تعتبر اشعة جاما اكثر الاشعاعات قابلية على اختراق المواد ، لذا تستعمل بكثرة في الدراسات الاقثنائية .من اهم بواعث أشعة جاما ^{41}Ar ، ^{131}I ، ^{99m}Tc ، ^{24}Na ، ^{56}Mn ، ^{46}Sc ، والتي نستخدم بشكل شائع لسهولة الكشف عنها وقياسها وتتبعها بواسطة كاشف يوضع خارج المنظومة . ان اجهزة الكشف عن اشعة جاما تجعل من اليسير الكشف عن النشاط الاشعاعي للمصدر في نموذج ما حتى ولو كان قليلا . ويمكن في الحالات التي تطلب عدة مقتنيات ، استعمال عدة نظائر مشعة لها طاقات مختلفة لجاما لتمييز هذه النظائر بجهاز محلل اطيف اشعة جاما . ان سهولة الكشف عن مصادر اشعة كاما يجعل بالامكان السيطرة على الاشعاع بصورة فعالة للوقاية من خطره .

مجالات التطبيق:

هناك تطبيقات عملية عديدة للتقنية الاقثنائية الشعاعية أهمها ايجاد خواص الموائع، وصفات عمليات الانتاج، والدراسات التحليلية ، ودراسة التآكل والصدأ، والتفاعلات الكيميائية ، وكثير من العمليات الانتاجية والبحوث العلمية .

من اهم مجالات التطبيق للتقنية الاقثنائية معدل الجريان ونمط الجريان وفحص النضوح والكشف عن حدود الفاصلة بين المنتجات المرسله في الانابيب بالتعاقب .

٤-٤ قياس معدل الجريان (Flow Rate Measurement)

يعتبر انتقال السوائل والغازات في الانابيب من العمليات الاساسية في كثير من العمليات الانتاجية . توجد طرائق عديدة لقياس معدل الجريان بالتقنية الاقثنائية اهمها طريقة نبض السرعة ، طريقة التخفيف ، طريقة العدل الكلي ، التشعيع الموقعي والتحليل بالتنشيط النيوتروني:

١ - طريقة نبض السرعة (Pulse Velocity Method)

تعتمد هذه الطريقة على قياس الفترة الزمنية التي يستغرقها النظير المشع للمرور بين نقطتين على مساره . وللحصول على قمة حادة لطيف الطاقة فأن النظير المشع الباعث لاشعة جاما يحقن مرة

واحدة في مادة الوسط الذي يقاس معدل جريانه . ويقاس الزمن (T) الازم للمرور بين كاشفين موضوعين على السطح الخارجي للانبوب تفصل بينهما مسافة معلومة (L) . ويتصل بالكاشفين جهاز قياس المعدل ومسجل بياني كما في الشكل (٤ - ١) .

يحسب معدل الجريان من المسافة الفاصلة بين نقطتي الكشف L مقسوما على الفترة الزمنية المبينة T. مضروبا في مساحة مقطع الانبوب S.

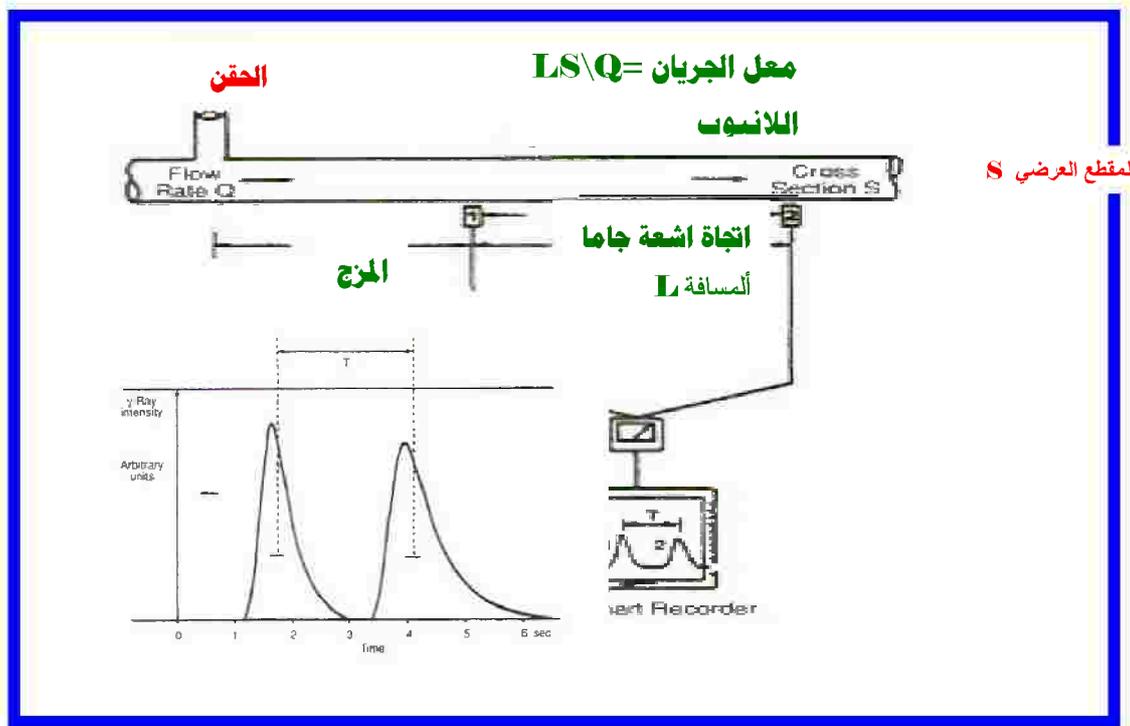
معدل سرعة الجريان الخطي $L/T =$ ويمكن قياسها وتحويلها الى معدل الجريان الحجمي حسب المعادلة التالية:

$$LS/T = (Q) \text{ معدل الجريان}$$

في الأنابيب التي تحتوي على مائع تحت ضغط عالي ، فإن العنصر المشع الذي غالبا ما يكون باعنا لأشعة جاما يحقن في الانبوب بواسطة جهاز حقن تحت ضغط مناسب .

ان هذه الطريقة لا يفضل استعمالها في قياس معدل جريان السوائل اللزجة التي تنتشر النظير المشع على حجم واسع من مادة الوسط ، لان السرعة في مركز الانبوب تختلف عن معدل السرعة للسائل . تستعمل هذه الطريقة بصورة رئيسية في قياس معدلات الجريان في الأنابيب التي تحتوي على مائع تحت ضغط عالي وجريان مضطرب يتميز بتقارب سرعة مركز الوسط من معدل سرعة السائل .

شكل (٤ - ١) طريقة نبضة السرعة



٢ - طريقة التخفيف (Dilution Method)

عند حقن مقتني مشع بمعدل ثابت في سائل جاري . وعلى افتراض ان المقتني يتمزج امتزاجا متجانسا مع السائل فإن تركيز المقتني في السائل يتناسب عكسيا مع معدل جريان السائل. يحسب تركيز المقتني في السائل بعد عملية المزج الكامل بأخذ نماذج عديدة من السائل على فترات زمنية مختلفة واخذ معدل القياس شكل (٤ - ٢). او عن طريق الكشف الخارجي وذلك بوضع كاشف على السطح الخارجي للانبوب . اما اذا كان القياس لمعدل جريان سائل في قناة ما فان الكاشف في هذه الحالة يغمر في السائل .

اذا فرضنا ان التركيز الاولي للمقتني قبل الحقن هو C_1 وان التركيز النهائي للمقتني في السائل عند الكشف هو C_2 حقن بمعدل جريان ثابت Q_1 في السائل فإن معدل جريان السائل Q_2 يحسب من المعادلة التالية:

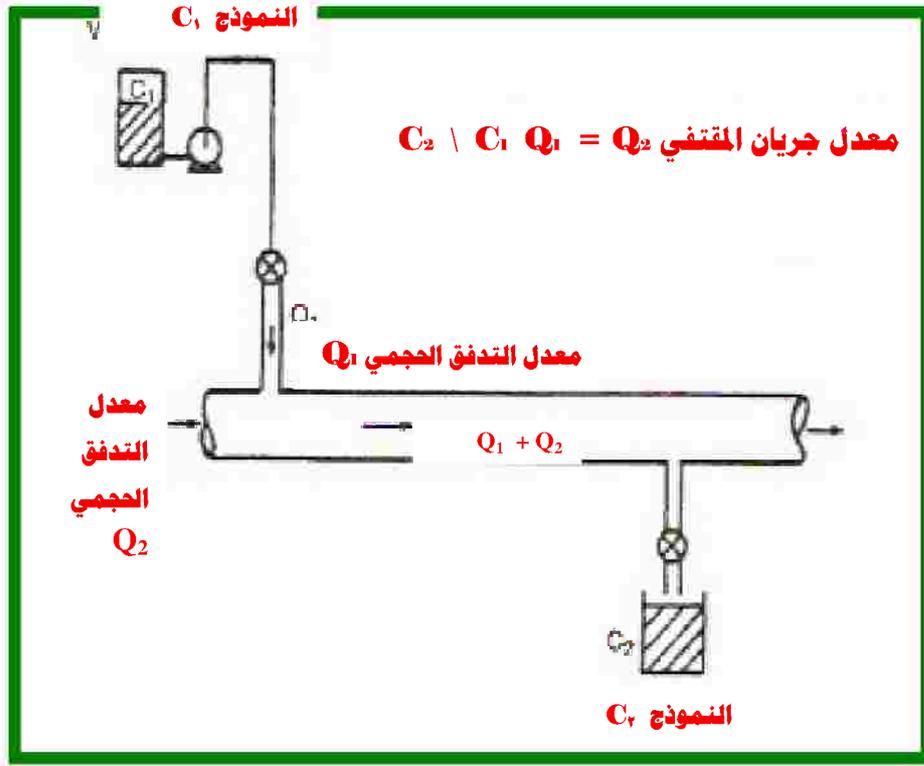
$$(Q_1 + Q_2) C_2 = Q_1 \times C_1$$

وعمليا فان Q_1 صغيرة جدا مقارنة مع Q_2 ذلك يمكن اهمالها ويكون معدل الجريان :

$$Q_2 = Q_1 \times C_1 / C_2$$

تستعمل هذه الطريقة لقياس معدل جريان السوائل في الانابيب والقنوات المفتوحة . ومن مساوئها انها تحتاج على كميات من النظير المشع اكثر من احتياج بقية الطرق . هذه الطريقة لا تحتاج لملا مادة الجريان فتحة الأنبوب أو ملء دائرة من الانابيب المغلقة لأن الجريان قد يكون في قناة مفتوحة أو نهر . وعادة ما يحسب التسرب من قياس معدل التدفق وفي بعض الحالات يمكن قياس التسرب مباشرة من خلال تسربه من الأنابيب فوق أو أسفل مستوى الأرض .
ولان هذه الطريقة تستخدم كمية كبيرة نسبيا من المادة المشعة فان ذلك يؤدي إلى زيادة الكلفة وتعرض الصحة العامة لخطر التلوث مما يحتم الوقاية والحذر .

الشكل ٢-٤ طريقة التخفيف



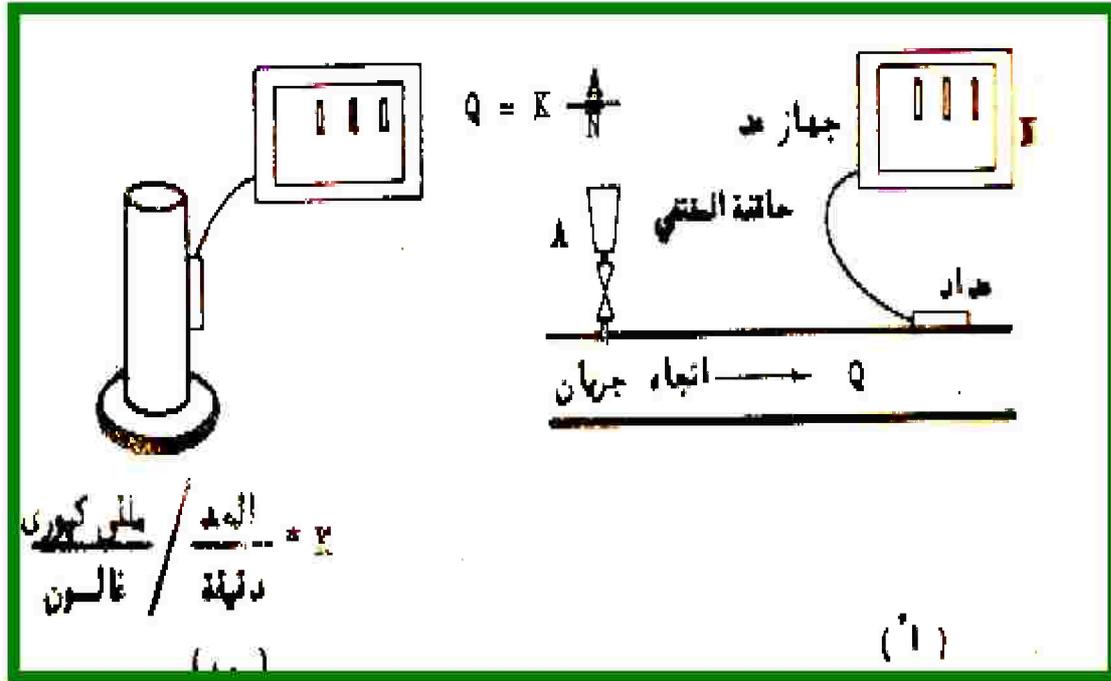
٣- طريقة العد الكلي (Total - Count Method)

الطريقة المتبعة في هذه الحالة حقن كمية معينة من نظير مشع نشاطه الإشعاعي (A) معلوم في المائع الجاري المطلوب قياس معدل سرعته ، ويثبت كاشف للاشعة على بعد معين من منطقة الحقن وتسجل القراءة على جهاز العد عند مرور المقتفي بكامله . شكل (٣ - ٤) هذه الطريقة مبنية على مبدأ التوازن للمقتفي الذي يعتمد على قياس العد الكلي للنشاط الإشعاعي للمقتفي عندما يمر قرب الكاشف ، حيث ان العد الكلي يتناسب عكسيا مع معدل الجريان . ان القراءة المسجلة على جهاز العد تقل كلما زادت سرعة جريان السائل . أي ان العد الكلي N يتناسب عكسيا مع معدل جريان السائل Q وطرديا مع النشاط الإشعاعي للمقتفي ، كما في المعادلة التالية:

$$Q = K \times A/N$$

حيث يرمز K لثابت التناسب الذي يمكن حسابه بتجربة بسيطة ، حيث تؤخذ قطعة من انبوب مماثل مملوء بنفس مادة المائع بنشاط اشعاعي معلوم لنفس النظير وتعاد التجربة اعلاء وتسجل القراءة بنفس الطريقة .ومن أهم مميزات هذه الطريقة ان مقطع الجريان قد لا يكون ثابتا او معلوما عند حساب معدل الجريان .

الشكل ٤-٣ قياس مدة المزج المتجانس بطريقة الكشف المستمر



٤ - طريقة التنشيط الموقعي (On- the-Spot Activation Method)

تستعمل هذه الطريقة لقياس معدل جريان السائل في الانابيب . اساس عمل هذه الطريقة يعتمد على تقنية التنشيط النيوتروني حيث تقوم النيوترونات السريعة او الحرارية بتحويل العناصر المستقرة في المادة قيد الدراسة الى عناصر مشعة ويتحقق ذلك بوضع مولد نيتروني بالقرب من الانبوب ويوجه نحو المركز ، ليولد نظائر مشعة في السائل الجاري بصورة مستمرة . ويكشف عن النظائر المتولدة بواسطة كاشف يتصل بجهاز قياس المعدل مثبت على مسافة من موقع المولد النيتروني . واذا كان المصدر النيتروني يبعث النيوترونات على شكل نبضات ، فبالامكان قياس معدل الجريان كما في طريقة القمتين .

٥- طريقة التحليل بالتنشيط (Activation Analysis Method)

تختلف هذه الطريقة عن بقية الطرق التي مر ذكرها بانها لا تشكل خطورة اشعاعية . اذ يمكن استعمالها بامان في انابيب مياه الشرب . باستعمال مقتفيات غير نشطة اشعاعيا لقياس معدلات الجريان للسوائل . حيث تؤخذ كميته من مقتفي وتحقن مرة واحدة في الوسط وبسرعة . ثم تؤخذ نماذج منفصلة وبحجم ثابت من نقطة بعيدة عن منطقة الحقن في فترات مختلفة اثناء مرور المقتفي . تشع هذه النماذج باستخدام فيض نيوتروني مناسب من المفاعل النووي او مولد نيوتروني ولغرض التعبير والقياس يشع وتحت نفس الظروف نموذج خالي من المقتفي ونموذج اخر يحتوي على كمية معلومة من المقتفي غير المشع . وبحسب معدل الجريان من المعادلة التالية:

$$Q = A/CT$$

$$CT = \int_0^T c(t) dt$$

حيث ان

- Q معدل الجريان
- A كمية المقتفي المضافة.
- C تركيز المقتفي في النماذج.
- T الفترة الزمنية الكلية لاخت النماذج.
- c(t) تركيز المقتفي في كل نموذج لالة الزمن t.

٤-٥ دراسة نمط الجريان (Flow Pattern Study)

تعتمد دراسة نمط الجريان ، كما في معظم حالات التقنية الاقنافية الاشعاعية على حقن او اضافة مقتفي مشع في الوسط قيد الدراسة بواسطة وتتبع سلوك المقتفي باستعمال كواشف موضوعة في اماكن معينة ، او اخذ النماذج من تلك الاماكن لفحصها . وهناك ثلاث طرق رئيسية للفحص هي :

- ١- وضع الكاشف في الوسط مباشرة .
- ٢- وضع الكاشف على السطح الخارجي للانبوب او الخزان المحتوي على الوسط .
- ٣- اخذ نماذج متعددة بجدول زمني معين ومن مناطق مختلفة وقياس تركيز المقتفي في كل نموذج على حدة . يمكن تطبيق هذه التقنية على نمط جريان المواد الصلبة بالاضافة إلى المواد السائلة والغازية . وفي كل الحالات اما ان يشع جزء من المادة او ان يضاف نظير مشع إليها . ومن أهم المجالات التطبيقية هي دراسة نمط الجريان في ابراج التجزئة وأنابيب وأبراج العامل المساعد ودراسة حركة الرمال .

٤-٦ فحص النضوح (Leakage Investigation)

تستعمل النظائر المشعة لتعيين مناطق النضوح في الانابيب وتقدير كميته . وأهم مجالات استعماله في المنظومات الغازية والمبادلات الحرارية وانابيب الماء والنفط . اما النضوح من المنظومات الغازية والمبادلات الحرارية فيمكن فحصه بمتابعة سلوك النظير المشع المضاف والمذاب في الوسط بواسطة كواشف نووية . يتم حقن النظير المشع I^{131} بعد إذابته في كمية معينة من الماء بواسطة مضخة يدوية ، ويتم رفع ضغط الماء في الانبوب إلى ضعف المستعمل اعتياديا وسد نهايتي الانبوب وتركه لفترة قصيرة ، بعدها يستعمل كاشف ومبضي لفحص الانبوب من الخارج و تعيين مناطق النضوح بدلالة الاشعاع الصادر من تلك المناطق . بعد ذلك يفرغ الانبوب من المحلول المشع وينظف بالماء الاعتيادي لازالة اثار التلوث بالمحلول المشع من السطح الداخلي للانبوب . من الطرق المهمة لقياس التسرب حول تغذية المبادلات بالعوامل المساعدة. هو حقن المادة المشعة في منطقة دخول الوعاء و يسجل الكاشف نبضة تستخدم كدليل لتسجيل زمن الدخول ، كما يوضع كاشف آخر عند منطقة خروج المادة من الوعاء لقياس تركيز المتبقي عند مغادرة الوعاء. أن استجابة الكاشف تمثل توزيع زمن الإقامة (الزمن المستغرق) للمادة في الوعاء. فإذا كان الزمن كبيرا فهذا يشير إلى المزج الجيد والعكس صحيح. إن وجود ذروة اضافية قبل الذروة الأساسية في منحنى توزيع زمن الإقامة قد يشير إلى التسرب خلال المبادل. كما إن قياس زمن الإقامة للمادة المشعة في العمليات الكيميائية داخل الأوعية يؤثر بشكل كبير على نوعية المنتج وخواص المزج للمواد المختلفة. ويمكن تقدير مقدار النضوح باستعمال طريقة العد الكلي كما تم شرحه في الفقرات السابقة. وأما في قابليات التلفون فيمكن فحص النضوح بحقن نظير مشع إلى الغاز المضغوط وفي منطقة النضوح يتخلل التربة الغاز المتسرب والملوث بالمادة المشعة حيث يمكن الكشف عن هذه المنطقة بواسطة اجهزة الكشف النووية الموضوعه على سطح الارض على ان القابليات اذا كانت مدفونة عميقا تحت الارض ، فتحفر التربة إلى عمق مناسب وتنزل الكواشف داخل الحفر لتكون على مقربة من خط القابليات . ولفحص النضوح في انابيب المياه والنفط تستعمل طرق عديدة اعتمادا على عوامل اساسية ، هي طول الخط ومعدل النضوح وعمق الانابيب في الارض ، كما سيأتي شرحه في ادناه :

١- خطوط الانابيب القصيرة -

يملاً الانبوب بمحلول مشع ويرفع الضغط ثم يترك لفترة زمنية للسماح بخروج المحلول من مناطق النضوح وبعد هذه العملية يفحص الخط من فوق سطح الارض بواسطة كواشف حساسة . اما اذا

كان الخط مدفوناً عميقاً تحت الأرض ففي هذه الحالة تحفر عدة حفرات في الأماكن المشكوك فيها ، مثل مناطق اللحام ، قريبه من الخط وتنزل فيها الكواشف إلى أن تكتشف المادة المشعة الناضجة من الأنبوب . ومن ثم يزال التلوث من الأنبوب بغسلة بحامض مناسب أو ماء نظيف لازالة التلوث الاشعاعي داخل الانبوب .

١ - خطوط الانابيب الطويلة ومعدلات النضوج العالية -

تعتمد الطريقة في هذه الحالة على قياس سرعة حركة السائل والتغير الذي يحدث في السرعة نتيجة وجود النضوج . يحقن السائل الجاري بنظير مشع ذي نشاط اشعاعي نوعي عالي في مدخل الانبوب ، وتقاس سرعة جريان السائل بكاشف نووي في عدة أماكن ملائمة على الخط . فعندما يمر السائل من نقطة نضوج يحصل تغير مفاجئ في سرعته ، وبهذا يمكن معرفة منطقة النضوج . وعندما يكون الجريان مضطرباً ، فإن انتشار النظير المشع يكون قليلاً . أما في الجريان الهادئ فإن انتشار النظير يكون كبيراً وعندئذ يكون قياس معدل تغير السرعة صعباً ، لذا لا يحبذ استعمال هذه الطريقة في الحالة الأخيرة .

٢ - خطوط الانابيب الطويلة ومعدلات النضوج القليلة -

يملئ الأنبوب بالماء تحت ضغط ثابت ويغلق طرفي الأنبوب ويترك لحين اكتمال توازن الضغط . ثم يحقن النظير المشع في وسط الأنبوب . ان النظير سوف يتحرك نحو منطقة النضوج ويمكن الكشف عن اتجاه الحركة بوضع كاشفين على جانبي نقطة الحقن . وبعد تعيين الجانب الناضج من الأنبوب تعاد التجربة في هذا الجانب ، وتكرر العملية إلى حين الانتهاء إلى منطقة النضوج .

٤ - خطوط الانابيب المدفونة عميقاً -

يحقن الأنبوب بمحلول مشع يدفع بواسطة ماء مضغوط وتدفع أجهزة نووية كاشفة إلى داخل الأنبوب والتي تتألف من كاشف ومحلل طيفي ومسجل بياني مثبتة داخل منظفة (Scraper) مصممه خصيصاً لتقليل تأثير الصدمات على الأجهزة التي تحتويها وتثبت عادة على الخط مصادر اشعة جاما ، مثل الكوبلت - ٦٠ ، على مقربة من الأنبوب المدفون في نقاط معلومة البعد . وبعد انتهاء التجربة يدرس المخطط البياني الموضحة عليه مواقع المصادر الاشعاعية بضمنها موقع النضوج باعتباره مصدراً اشعاعياً . ثم ينظف الأنبوب جيداً بالماء للتخلص من جميع المواد المشعة العالقة على السطح الداخلي للأنبوب .

٥ - كشف الحدود الفاصلة .

يكشف عن الحدود الفاصلة بين المنتجات المرسله في الانابيب بالتعاقب (Interface Detection) عند ارسال نوعين او اكثر من سائل ما في نفس الانبوب يمكن الكشف عن نوع

السائل من خارج الانبوب بواسطة حقن مادة مشعة عند بداية الضخ والكشف عن تدفق ووقت وصول منطقة معينة بواسطة كاشفات نووية مثبتة على الخط .
من اهم التطبيقات في هذا المجال هو الكشف عن انواع النفط الخام المرسل في انبوب واحد .
فمن الامور الشائعة ضخ انواع مختلفة من النفط الخام إلى مسافات بعيدة في انبوب واحد ، ثم تفصل هذه الانواع عند نهاية الخط ، حيث يخزن كل نوع منها في خزانات خاصة به .
وتستعمل حاليا مقاييس نووية لقياس الكثافة في الحالات التي تطلب تغيرات مستمرة ومتكررة في نوع النفط الخام المرسل ، حيث يمكن الاستدلال على نوع النفط بقياس كثافته في أية منطقة تحتاج إلى ذلك .

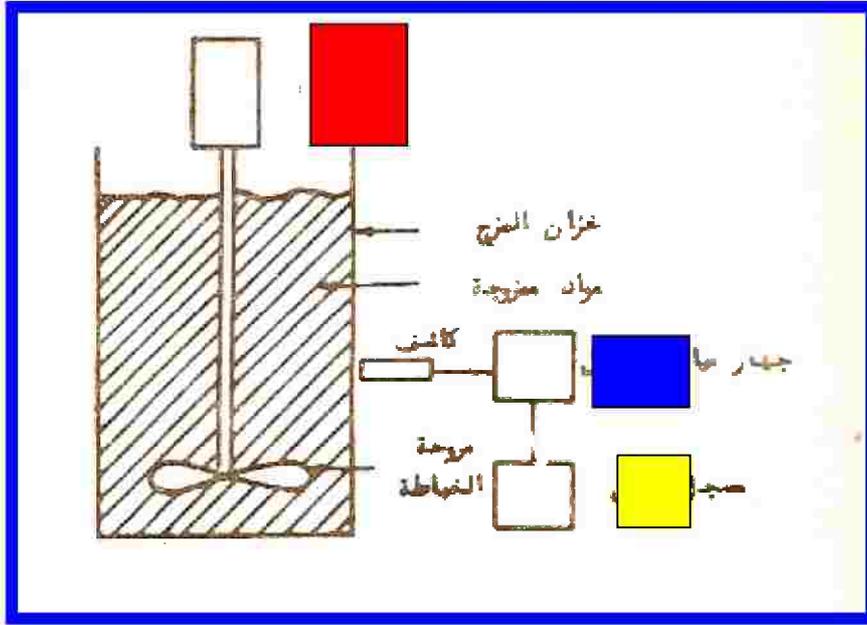
٧-٤ دراسة خواص العمليات الانتاجية (Process Characteristics)

دخلت التقنية الاقتفائية بالنظائر المشعة مجالات عديدة اخرى في العمليات الانتاجية لدراسة الصفات الفيزيائية والكيميائية لهذه العمليات . وفائدة المقتفيات المشعة في هذا المجال هي امكانية اجراء الدراسات والفحوصات الضرورية من خارج المنضومات الانتاجية ، بدون اخذ نماذج في اغلب الاحيان . ومن اهم التطبيقات لمعرفة خواص العمليات الانتاجية وهي ايجاد مدة المزج المتجانس والثانية مدة المكوث .

١ - مدة المزج المتجانس (Homogeneous Mixing Time)

الهدف من عملية المزج هو السيطرة على العمليات الانتاجية التي تتضمن مزج المواد مع بعضها . تستخدم التقانة الاقتفائية لاجاد مدة المزج المتجانس للسوائل والدهون والغازات خلال العملية الانتاجية وجعل المزيج الناتج متجانسا . ولدراسة التجانس للمزج لمختلف المواد في العمليات الصناعية تضاف كمية صغيرة من المقتفي المشع للمزيج عند بداية عملية المزج . وعندما يكون التركيز منتظم في كل اجزاء مادة المزيج فذلك يدل على ان المزيج متجانس . وهناك طريقتين للكشف عن تجانس المزيج . طريقة الفحص بصورة مستمرة شكل (٤ - ٤) . وذلك بوضع كاشف على السطح الخارجي للخزان الذي تجري فيه عملية المزج او يغمر الكاشف في المزيج اذا كانت الظروف ملائمة لغرض تعيين الوقت اللازم لحدوث التجانس . وقد استخدمت هذه الطريقة لتعين مزج مواد تصنيع الزجاج في احد الأفران وذلك بخلط كاربونات الصوديوم المشع - ٢٤ مع المواد الاولية ويقاس معدل العد باستخدام عداد وميضي وجهاز قياس المعدل ومسجل بياني واخذ نماذج للقياس واستعمال طريقة الكشف المستمر لغرض تعيين الوصول الى قراءة ثابتة يستدل منها على نسبة تجانس المزيج ومدة المزج .

شكل (٤-٤) قياس مدة المزج المتجانس بطريقة الكشف المستمر



اما الطريقة الثانية فتتضمن اخذ نماذج من المزيج ومن اماكن مختلفة في فترات زمنية متعددة وتحليل هذه النماذج بواسطة كواشف وعائية (Well-Type) للحصول على كفاءة عالية في القياس ومن نتائج التحليل يمكن معرفة الفترة الضرورية لتجانس المزيج . ان اهمية هذه الطريقة مهمة في كثير من العمليات الانتاجية التي تتضمن مزج بعض المواد بمواد اخرى ولعملية المزج المتجانس اهمية كبيرة في السيطرة على نوعية المنتج النهائي .

٢- زمن المكوث (Residence Time)

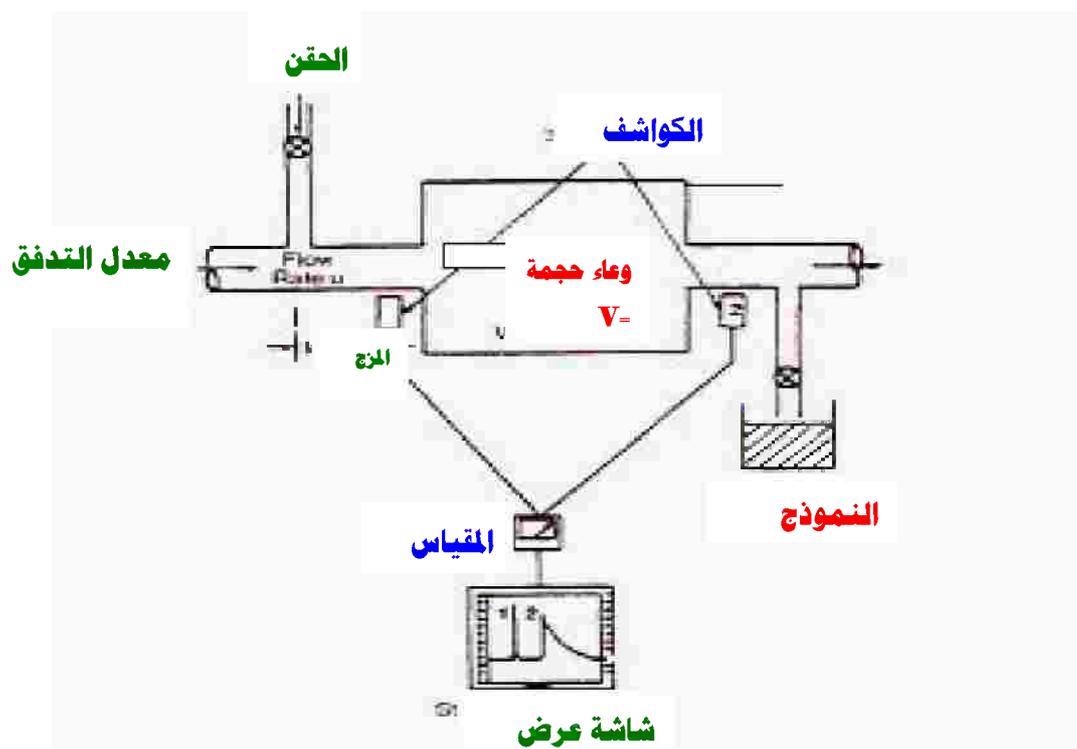
تتلخص الطريقة المتبعة في ايجاد مدة المكوث بإضافة مقتفي مشع للمادة تحت الدراسة في بداية مرحلة الانتاج ثم الكشف عنها لغرض تحديد الفترة الزمنية التي تستغرقها المادة في الوصول الى

المرحلة النهائية. ويتم الكشف عن المقتفي بواسطة كاشف متصل عادة بجهاز قياس المعدل ومسجل بياني. شكل (٤-٥).

مدة المكوث تعرف بانها الفترة الزمنية التي تبقى فيها مادة ما في العملية الانتاجية او في خزان التفاعل . في معظم العمليات الانتاجية تعتبر مدة مكوث مادة ما ضمن المنظومة من العوامل المهمة التي تؤثر على كمية ونوع المنتج النهائي. وهذه الظواهر واضحة جدا في العمليات

الفيزيائية والكيميائية حيث ان مدة المكوث الطويلة تعني صرف مبالغ طائلة لمنتوج معين وان مدة المكوث الاقل من الحد المطلوب تعطي منتوجا ردينا لا يطابق المواصفات المطلوبة.

شكل (٤-٥) قياس مدة مكوث المادة المشعة في العملية الانتاج



ومن المجالات التطبيقية لهذه التقنية:

١ - دراسة حركة المواد الاولية في الافران الدوارة في تصنيع السمنت ويستعمل الصوديوم -٢٤ المشع لهذه الدراسات.

ب - تتبع العمليات الصناعية باستخدام النظائر المفتوحة كما في حالة مزج السمنت لغرض حقن آبار النفط بها هو إضافة مسحوق من أوكسيد السكنديم Sc-46 نشاطه الإشعاعي حوالي 750 ميكابيركل بشكل مسحوق زجاجي يضاف إلى خلطة السمنت قبل حقنها في البئر. بإضافة المادة المشعة مباشرة إلى خلطة السمنت فإن تلوث الأجهزة ومخاطر الانتشار تكون اقل ما يمكن. ويكشف عن السمنت داخل الخزان قبل حقنة في البئر ومع استمرار ضخ الأسمنت في البئر تدلى اجهزة السبر داخل البئر من خلال إزاحة السوائل لغرض الكشف وقياس المقنتفي حتى يصل إلى الموقع المناسب.

ج - تقييم التكسر الحاصل في الصخور داخل آبار النفط أو الغاز يتم باستخدام أقراص بلاستيكية مطلية بحوالي ١٥ كيكابيكرو من ^{110m}Ag تضاف داخل البئر. وعندما تتم عملية التكسير و تستخرج السوائل الفائضة من داخل البئر قبل تصلبها تدلى اجهزة السبر داخل البئر للكشف وتعين مواقع السوائل التي تم ضخها. لمعرفة معدل جريان السوائل داخل البئر يضخ مقتفي مشع بشكل سائل من ^{99m}Tc & ^{131}I بواسطة اجهزة سبر الابار الى داخل البئر.

٤-٨ استخدام التقانة الاقترافية في التحليل :

من المجالات التطبيقية للتقانة الاقترافية دراسة مصدر الترسبات والتاكل في المحركات والمكائن وايجاد الثوابت الفيزيائية والكيميائية مثل ثابت الانتشار **Diffusion Constant** ومعامل التوزيع **Distribution Factor** للسوائل مع بعضها وثوابت الذوبان والتوازن وقياس حجم الدقائق. مثل هذه التحاليل التي لو اجريت بالطرق الاعتيادية لتطلبت جهدا ووقتا كثيرين. ويتضح هذا بجلاء في العمليات البطيئة او الكميات القليلة جدا.

تستعمل طريقة تخفيف النظير **Isotope Dilution** في قياس حجوم أو كتل مجهولة، مثل كمية العامل المساعد في العمليات الكيميائية ومقدار المعدن المنصهر في عملية تكرير الخام وتقدير حجم خزان غير منتظم الشكل. اهم المصادر المشعة المفتوحة المستخدمة في سبر الابار موضحة في الجدول (٤-١) الطريقة المتبعة هي اضافة المقتفي المشع والذي نشاطه الاشعاعي النوعي (النشاط الاشعاعي/ وحدة الحجم) A_1 الى كمية قليلة من مادة الانتاج حجمها V_1 . تضاف هذه الكمية الى الكمية الكلية التي يراد قياس حجمها الكلي. وبعد مرور فترة كافية لحصول المزيج المتجانس يؤخذ نموذج من حجم المادة ويقاس نشاطها الاشعاعي النوعي A_2 ويحسب حجم المادة الكلية V_2 من المعادلة التالية:

$$V_2 = V_1 \times A_1 / A_2$$

الجدول (٤ - ١) بعض المصادر المقتنية المستخدمة في سبر الآبار ولبئر منفرد.

الغاز	السائل	تعليق الرمل
Br - 82	Fe - 59	Sc - 49
I - 131	Sb - 124	Br - 82
I - 125	Au - 198	Ir - 192
-	Ag - 110 m	-

وتستعمل طريقة تخفيف النظير ايضا في معرفة الحصيلة (الناتج) لعملية الفصل بالطرق الكيميائية. اذ انها تسمح باجراء فصل سريع وبسيط للمركبات او العناصر التي تتواجد في حالة نقية في احدى مراحل العمليات غير المعلومة، والتي لا يمكن فصلها من المزيج الذي يحتويها . وتتخلص الطريقة باضافة مقتفي مشع ذي نشاط اشعاعي نوعي وكتله معلومين الى المزيج المطلوب دراسته. ثم تجرى عملية الفصل للحصول على نموذج نقي من المركب المطلوب تحليله. من قياس النشاط الاشعاعي النوعي لهذا النموذج النقي يمكننا من معرفة الكمية الكلية للمركب في المزيج الاصلي. ان مبدأ حفظ النشاط الاشعاعي الكلي للنظير يعطينا المعادلة التالية:

$$m_1 A_1 = (m_1+m_2) A_2$$

$$m_2 = m_1 (A_1/A_2 - 1)$$

ولان كتلة المقتفي المشع صغيرة جدا مقارنة بكتلة مجموع المادة والتي يمكن اهمالها فتصبح المعادلة بالشكل التالي:

$$m_2 = m_1 \times A_1/A_2$$

حيث ان

m_1 كتلة المقتفي المشع المضاف.

A_1 النشاط الاشعاعي النوعي للمقتفي (النشاط الاشعاعي/ وحدة الكتلة).

m_2 كتلة المركب او العنصر تحت الدراسة.

A_2 النشاط الاشعاعي النوعي النهائي للمنتج الذي تم فصله.

ويمكن احتساب حصيلة الفصل بقسمة كتلة المركب المفصول على الكتلة الكلية للمركب المحسوب من المعادلة اعلاه.

٤-٩ استخدامات اخرى

توجد استخدامات اخرى لتطبيق التقنية الاقتفائية اهمها ما يلي:

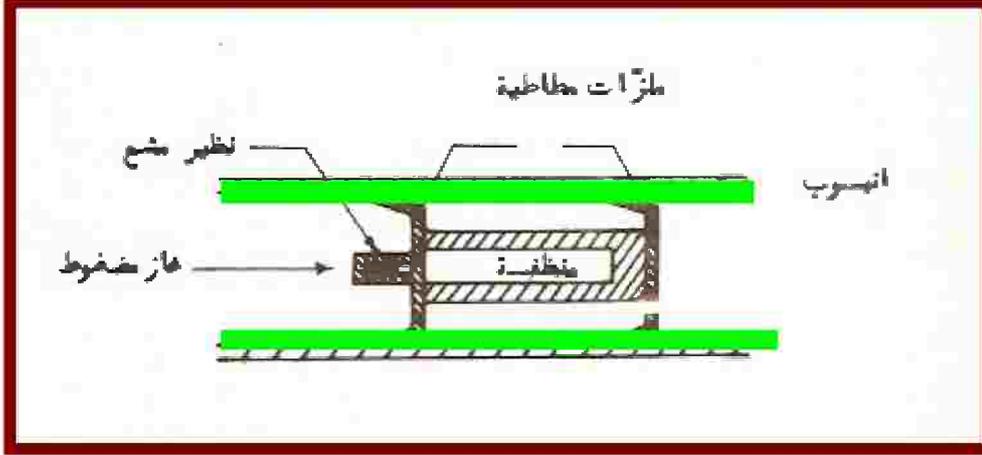
١ - تنظيف الانابيب (Pigging).

تستعمل بعض المنظفات لتنظيف انابيب النفط والزيوت والغاز والماء. وتستعمل لهذا الغرض منظفة خاصة حيث تتكون المنظفة من هيكل اسطواني حديدي في نهايته حلقات من المطاط الصلب الذي يضغط على الجدر الداخلي للانبوب فيزيل الاوساخ والتكلسات، ففي حالة مد انبوب جديد وقبل استعماله لنقل السائل او الغاز ترسل المنظفة بواسطة هواء او غاز مضغوط الى داخله لتنظيفه من الاتربة والمواد الغريبة كقطع اللحم وللتأكد من ان الخط خال من العراقيل. وفي حالة الانبوب الناقل للزيت، ترسل المنظفة مع الزيت في فترات دورية لازالة الشمع المتكون على السطح الداخلي للانبوب لان هذه الطبقة تقلل من انتاجية الانبوب للزيت. يوضع داخل المنظفة مصدر مشع باعث لاشعة جاما (Co-60) قبل ارسالها لغرض معرفة موقعها في حالة توقفها داخل الانبوب احيانا لسبب ما. ويتم الكشف عن موقعها بدقة بوضع عدة كواشف على الخط وعلى ابعاد معينة للكشف عن المنظفة اثناء مرورها في ذلك الموقع. فاذا ما توقفت المنظفة في مكان ما امكن الكشف عنها باجراء مسح للخط بواسطة الكواشف بعد حصرها بين منطقتين. ويمكن لهذه الكواشف تعيين موقع المنظفة بالضبط بدلالة المصدر المشع، ومن ثم تجرى العمليات الضرورية لاجراج المنظفة وتصليح الخطأ في الانبوب. ويبين الشكل ٤-٦ هذه الطريقة.

٢ - الاحتكاك والتآكل (Friction & Wear)

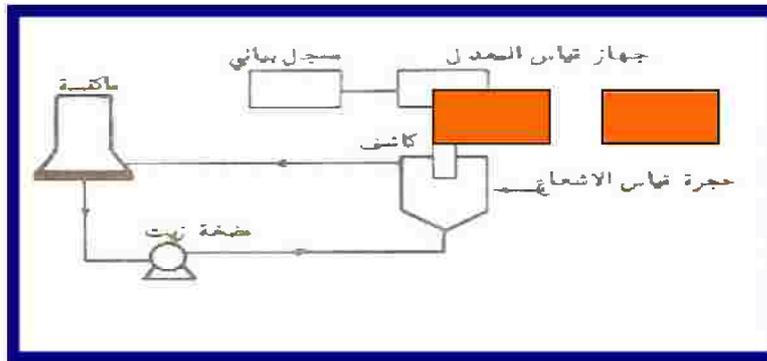
من الدراسات المهمة في العمليات الصناعية والتي تستخدم المقتنيات المشعة هي دراسة الاحتكاك بين السطوح والتآكل الناتج عن ذلك في حلقات المكبس وبطانة الاسطوانة للمحرك والمضاجع والتروس ومعدات الخراطة. وكذلك في قطع المكائن والمحركات. وتوجد عدة طرائق دراسة التآكل اهمها:-

الشكل ٦-٤ عملية تنظيف الانابيب المدفونة باستخدام المقتفي لشع



- ١ - أخذ نماذج من الزيت في فترات دورية ثم تشعيع النماذج المطلوب دراستها في مفاعل نووي ومعرفة تراكيز العناصر النزرة والتي سببت التآكل فمثلا يشعع الريت المأخوذ من المكائن وتأخذ نماذج ثابتة من الزيت المشع على فترات وقياس نشاطها الإشعاعي حيث تشير أية زيادة في النشاط الإشعاعي للزيت الى زيادة التآكل في قطع المحرك.
- ٢ - ادخال قطع مشععة صغيرة في سطح النموذج او اضافة مقتفي مشع للمنصهر قبل التصنيع او الترسيب الكهربائي للمقتفي المشع على سطح النموذج . اما الفحص فيكون بكاشفات واجهزة خاصة تبعا لنوع وطاقة الاشعاع والطريقة المتبعة للفحص .
- ٣ - ومن الدراسات في هذه المجال دراسة التآكل في انواع مختلفة من حلقات المكبس وبطانة الاسطوانات لمحركات السيارات بأستعمال انواع الزيوت وتأثير انواع الاضافات المحسنة للزيت وحساب معدل استهلاك الزيت حيث يكون الفحص اما بصورة مستمرة بقياس النشاط الإشعاعي للزيت المحتوى على المادة المشعة بواسطة كاشف مثبت على خط مجرى الزيت كما مبين في الشكل ٧-٤ .

الشكل ٧-٤ دراسة مقدار التآكل في محرك السيارة بطريقة القياس المستمر



٣- الأختانات (Corrosion)

تحصل في شبكة انابيب بعض المنظومات بعض الأختانات الحاصلة نتيجة تكون الصدأ في الجدار الداخلي في الانبوب بصورة كبيرة. ولدراسة هذه الظاهرة لاهميتها الكبيرة في مواصلة عمل المنظومة بدون نتائج سلبية كأنفجار أحد الأنايبب في احد مراحل المنظومة . من الطرائق المستعملة لدراسة بعض انواع الصدأ إضافة مقتفي مشع الى المنظومة ومعرفة المواد التي سببت الصدا . ومن التطبيقات في هذه المجال دراسة الصدأ التقبي (Pitting Corrosion) في المعادن ودراسة ميكانيكية وفعالية مضادات الصدأ والصدأ الكبريتي في الكونكريت.

٤- التفاعلات الكيميائية (Chemical Reactions)

لتوضيح ميكانيكية وحركة التفاعلات الكيميائية وعودة تكوين العامل المساعد تستعمل المقتفيات المشعة. يتم تعليم المركب او عنصر ما في هذا المركب بمادة مشعة ثم متابعة تصرف هذا المركب المعلم في منظومة التفاعلات من خلال اخذ نماذج من مختلف مراحل التفاعل وتحليل مكونات هذه النماذج وقياس نشاطها الاشعاعي.

٥- عمليات التعدين (Metallurgical Processing)

من التطبيقات العملية في هذا المجال، دراسة انتشار المعادن في بعضها البعض الاخر ومصدر الكبريت في الحديد ومصدر الشوائب في السبائك وغيرها. والطريقة المستعملة هي اضافة مقتفي مشع الى المنصهر او تعليم النموذج بنظير مشع وبعد اجراء مختلف العمليات عليه يتم قياس النشاط الاشعاعي لنماذج من المادة المنتجة.

٦ - سبر الابار:

من اهم الطرق الاقنفائية المستخدمة في سبر الابار هي حقن المقتفي المشع في عملية حفر الابار شكل (٤ - ٨) هي :

١ - دراسات الاقنفائية لبئر منفرد .

ب - اسات الاقنفائية لعدة ابار .

ج - الدراسات الاشعاعية في حفر الابار.

ء - الدراسات الاشعاعية في قياس عمق البئر.

٤ - ١٠ امان وسلامة المصادر المشعة المفتوحة:-

١ - تحضير المقتفي المشع:-

أن المقتفي المشع الذي يتم الحصول عليه من منشأة إنتاج النظائر المشعة قد يستخدم مباشرة في تجارب الاقنفاء، و بعضها يحتاج إلى التحضير في المختبر. التحضير قد يحتوي على تعليم (Labeling) للمواد غير المشعة مثل حبيبات الزجاج أو البلاستيك ذات الحجم المعلوم بمواد مشعة،

أو أن المواد المشعة قد تضاف بشكل مناسب إلى المنظومات. في كل هذه التحضيرات للمواد المشعة يجب أن يكون التلوث الإشعاعي المتعلق في الهواء أو انتشار المواد المشعة أقل ما يمكن. تحتاج المختبرات في هذه الحالة إلى بعض التسهيلات للوصول إلى هذه الحالة فيجب أن يحتوي المختبر على منطقة سيطرة لغرض التعامل مع المواد المشعة المفتوحة ، و صناديق قفازيه (Fume Hood) وتهوية خاصة وقياسات للجرع الداخلية والخارجية للعاملين. تغلف المقتنيات بشكل يسهل عملية نقلها الموقع واستخدامها مباشرة للقياس.

الشكل (٤-٨) المقتنيات المشعة المستخدمة في سبر الآبار



حاويات نقل المقتني



مضخة المقتني



اجهزة المسح الاشعاعي للمقتني في حفر آبار النفط

٢ - التعامل مع المقتنيات الإشعاعية:-

يقوم القسم أو الشركة المختصة المرخصة بحقن المقتنيات الإشعاعية، وتقوم بتبئية الموقع واتخاذ كافة الاحتياطات اللازمة لمنع حصول أي حادث إشعاعي أو التعامل مع الحادث عند حصوله. كما يتوجب على هذا القسم القيام بما يلي:
أ- الاحتواء الأمثل لأي تلوث إشعاعي.

ب- الأجهزة والمعدات الوقائية المناسبة للعمل والتي تتضمن وقاية جهاز التنفس (الكمامات) وأجهزة الكشف.

ت- منظومات الغسل و التنظيف.

مثل هذه التحضيرات لا تكون مهمة لتقليل التلوث البيئي وحسب و إنما لتقليل مخاطر التعرض الداخلي و الخارجي للعاملين في الاشعاع والجمهور .

ومن الإجراءات المهمة قبل البدء بحقن المواد الإشعاعية الإقتفائية هو تثبيت الخلفية الإشعاعية للمختبر والموقع الذي تجرى به التجارب.وتحديد منطقة سيطرة حول العمل لكي يتحدد دخول الأشخاص غير المخولين إلى هذه المنطقة وعدم تعرضهم إلى جرع خارجية أو داخلية أو تلوثهم بالإشعاع. وفي هذه المنطقة يجب احتواء تبعثر الملوثات المشعة و كذلك تقليل استنشاق هذه المواد المتطايرة وخاصة I¹³¹. ويمكن تقليل المخاطر من التعرض الداخلي باستبدال المواد المشعة المتطايرة بأخرى غير متطايرة مثل ^{99m}Tc .

في عملية التتقيب عن النفط يتم ضخ المواد الإقتفائية المشعة في منظومة تحت ضغط عالي وقبل البدء بعملية الضخ التأكد من أن نقاط أنابيب الاتصال محكمة بشكل جيد وكذلك صمامات التحكم. ان الشركات المتخصصة في الحقن تكون حذرة من مشكلة التدفق الى الخارج (sand-out) أي أن الضغط الحاصل في داخل البئر يؤدي إلى جريان عكسي للموائع من الأسفل إلى سطح البئر وبذلك تلوث المناطق في الأعلى والقريبة من فتحة البئر ويتعرض عمال الحفر إلى جرع إشعاعية غير مبررة بالإضافة إلى تلوث المعدات والذي يتطلب إزالة تلوثها بمبالغ كبيرة.

٤ - ١١ الحوادث الناتجة عن استخدام المقتنيات المشعة:-

من أهم أسباب الحوادث الناتجة عن استخدام النظائر المشعة المفتوحة:-

أ- تناثر وانتشار المواد المشعة من المنظومات التي تعمل تحت ضغط عالي.

ب- تصريف النفايات المشعة بشكل عشوائي وغير مسؤول.

ج- كوارث طبيعية أو حوادث طرق.

تؤدي حالات الطوارئ في المواقع الناتجة عن الحرائق في حالة الحوادث الناتجة عن تناثر وانتشار المواد المشعة الذي قد يحصل في منطقة مسيطر عليها كما في داخل المختبر. أو مواقع غير مسيطر عليها مثل الآبار أو الطرق السريعة. وفي هذه الحالة يجب أخذ رد فعل فوري من قبل المرخصين إشعاعيا من خلال إعلام السلطات الرقابية وتحديد الدخول إلى المنطقة الملوثة. إن المرخصين هم المسؤولين عن إزالة التلوث عن المنطقة والأجهزة الملوثة إذا كانوا مخولين بذلك أو تكلف جهة مخولة بإزالة التلوث الإشعاعي. يتم التعامل مع المواد التي تتجمع من عملية إزالة التلوث على اعتبارها ملوثات مشعة.

كما أن خطة الحادث يجب أن تتضمن النصائح إلى المتلقي للحادث مثل رجال الإطفاء وشرطة المرور حول موقع المادة المشعة الملوثة ليقوم فريق الطوارئ بأخذ الاحتياطات اللازمة لمنع انتشار الملوثات المشعة إلى مساحات كبيرة. وكذلك اخذ الاحتياطات اللازمة لوقاية أنفسهم من المخاطر الإشعاعية. وفي حالة حوادث الطرق فإن الوثائق التي تصاحب الشحنة الإشعاعية المنقولة توضح نوع المصدر المشع، نشاطه الإشعاعي، كميته. وفي حالة الحادث يساعد ضابط الوقاية من الإشعاع للشركة ذات العلاقة فرق الطوارئ في عملها.

وعلى المرخص أن يقوم بما يلي:

أ- إعلام مجموعات الإطفاء المتخصصة عن موقع المادة المشعة المتناثرة.

ب- توفير المعلومات الضرورية للمتلقي الأول للحادث بالمعلومات الضرورية والطرق لتقليل المخاطر الصحية وعدم انتشار المواد المشعة.

ج- توفير اتصال لمدة 24 ساعة لفرق الطوارئ في حالة الحرائق، وأخذ الاحتمال بتبخر المادة المشعة واتخاذ كافة الوسائل الممكنة لمنع استنشاق المواد المشعة من خلال ارتداء الأقمعة الواقية أو التنقل باتجاه معاكس للريح والحريق.

٤ - ١٢ إدارة النفايات المشعة للمصادر المشعة المفتوحة

التعامل المناسب مع النفايات والمصادر المشعة من الأمور المهمة في حالة الحوادث . لان عدم التعامل الجيد مع الحادث يؤدي إلى تلوث منطقة العمل وخارجها والأشخاص وتؤدي إلى تأثيرات صحية ضارة على الإنسان والبيئة. ان عمل المصادر المشعة الاقنافية يولد نفايات مشعة والتي يجب أن تتجمع وتصرف استنادا إلى متطلبات الجهة الرقابية. هذه النفايات قد تتضمن معدات الوقاية المختبرية مثل مؤزر (مريلة) المختبر، القفازات، المواد الماصة، الزجاجات المختبرية، فإذا كانت المادة المشعة ذات نصف عمر قصير فان جميع هذه النفايات تحفظ لفترة زمنية لكي تتحلل المادة المشعة ويصبح نشاطها الإشعاعي قليل جدا وبعد ذلك تصرف كملوثات اعتيادية. اهم عناصر ادارة النفايات المشعة والتي تساهم في تقليل النفايات المشعة مايلي:

أ- طريقة تقليل النفايات (Waste minimization):

من أولويات برنامج إدارة النفايات المشعة تطوير الاستراتيجيات لتقليل النفايات المتولدة عن النظائر المفتوحة ويمكن الوصول إلى ذلك من خلال :-

١- استخدام نظائر مشعة ذات عمر نصف قليل ما أمكن ذلك.

٢- استخدام اقل كمية ممكنة من المواد المشعة.

٣- تطبيق صارم لتعليمات التعامل مع المصادر المشعة المفتوحة لتقليل تلوث المواد والأجسام.

٤- تقليل وجود الأجهزة والمواد غير الضرورية في منطقة السيطرة حيث يجري التعامل مع المواد المشعة المفتوحة.

٥- إعادة تدوير المصادر غير المستخدمة من قبل المصنع.

٦- إزالة التلوث الإشعاعي وتنظيف المواد والمنطقة.

٧- يمكن تقليل حجم الملوثات المشعة بطرق مختلفة منها الكبس والتقطيع. كذلك يمكن استخدام تقانة الحرق في حالة الورق أو البلاستيك هذا يتطلب رزم الملوثات ونقلها الى منشآت معاملة النفايات المرخصة من قبل السلطات الرقابية

ب - الخزن المؤقت :

في حالة النظائر المشعة ذات أعمار النصف القليلة أقل من (١٠٠-٢٠٠ يوم) فان الخزن المؤقت يفضل لتقليل كمية الملوثات المشعة .مواقع خزن النفايات المشعة قد تكون داخل او خارج المنشأة والغرض منها هو خزن الملوثات لغرض انحلالها او احد الخطوات للتعامل قبل طرحها ومن اهم خواص هذه المواقع هو الأمان ،السيطرة على الدخول،منظومات التعامل مع النفايات ،السيطرة على الملوثات المشعة ،ومقياس جرع اشعة جاما والتلوث .

اما الاجهزة الملوثة فيتم ازالة تلوثها داخل المنشأة او خارجها و في حالة عدم ازالة التلوث تعتبر مواد ملوثة اشعاعيا وتطمر في مواقع الطمر المناسبة .

فيل طمر النفايات المشعة الناتجة عن المصادر المفتوحة توجد عدة خطوات أهمها:

١- فصل الملوثات عند نقطة تولدها ويتضمن ذلك:

١- فصل الملوثات المشعة عن غير المشعة .

٢ - الفصل على اساس عمر النصف لتحديد فترة الخزن.

٣- فصل الملوثات على اساس حالتها الفيزيائية (صلبة او سائلة) .

ب- معاملة النفايات وتتضمن:

١- كبس النفايات المشعة الرقيقة (أورق) او إزالة التلوث عن الملوثات الصلبة.

٢- امتصاص السوائل بواسطة نسيج صلب.

ج- تهيئة الملوثات لغرض الطمر مثل تغليفها ونقلها.