الفصل الرابع

مبادئ التقانة الاقتفائية الاشعاعية

Principles of Radiotracer Technique

obeikandl.com

٤ -١ المقدمة :

التقانة الإقتفائية الإشعاعية تعرف بأنها طريقة الحصول على معلومات مهمة عن المـــادة داخـــل 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 الهندســية والمراحل الإنتاجية بالإضافة الى الظواهر الفيزيائية والكيميائية. والتقنية الاقتفائية 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 اللازمـــة لاختيـــار 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 إختيارة التركيز بحيث يمكن إجراء القياس بدون تعرض اشعاعي ضار.

٤- اخذ العامل الاقتصادي عند إجراء القياس بعين الاعتباربحيث تكون الكلفة الماديـــة للمقتفـــي رخيصة الثمن .

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

٤ – ٢ مزايا المقتفي الإشعاعي :

أهم مزايا المقتفي الإشعاعي هي:

ا- قدرتها على تتبع المواد المراد فحصها ولا تكون لها نفس الخواص الكيميائية ولا تتفاعل مـــع 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 يتفسخ في درجات الحرارة العالية والضغط ،أو في محيط متآكل يمر فيه و لاينفصل عن الوسط بواسطة الامتصاص او التبخر او الترسب.

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

ث- عمر نصف المادة المشعة كافي لكي يتيح الوقت اللازم لاجراء القياسات بدقة اثنـــاء او بعـــد 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 انتظـــار طويل وباقل تاثير من الإشعاعات المتخلفة او العالقة في الوسط بعد الانتهاء من التجربة الاولى.

ح- تنحل 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 اهمـــال وزنـــه او التغيـــر الحاصل في كتلة او كثافة الوسط في التقديرات الكيميائية الكمية لاغراض عملية.

٤ – ٣ المصادر المشعة الاقتفائية:

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

اهم المصلدر المستعملة في التطبيقات الاقتفائية الشعاعية:

١- مصادر الفا

لاتستخدم المصادر الباعثة لجسيمات الفا كنظائر اقتفائية 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 البايولوجية في حالة التلوث الداخلي (استنشاق الهواء الملوث بها او ابتلاعها).

٢- مصادر بيتا

النظائر الباعثة لجسيمات بيتا مثل H^{3} وC^{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 الاقتفائية وخاصة الكيمياء العضوية والحياتية .

٣ مصادر جاما

تعتبراشعة جاما اكثر الاشعاعات قابلية على اختراق المواد ، لذا تستعمل بكثرة في الدراسات الاقتفائية .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 مقتفيات ، استعمال عدة نظائر مشعة لها طاقات مختلفة لجاما لتمييز هذه النظائر بجهاز محلل اطياف 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 الاقتفائية 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 الاقتفائية معدل الجريان ونمط الجريان وفحص النضوح والكشف عن حدود الفاصلة بين المنتجات المرسلة 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 الاقتفائية 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 للمـــرور بـــين كاشـــفين موضوعين على السطح الخارجي للانبوب تفصل بينهما مسافة معلومة(L). ويتصل بالكاشـــفين 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.

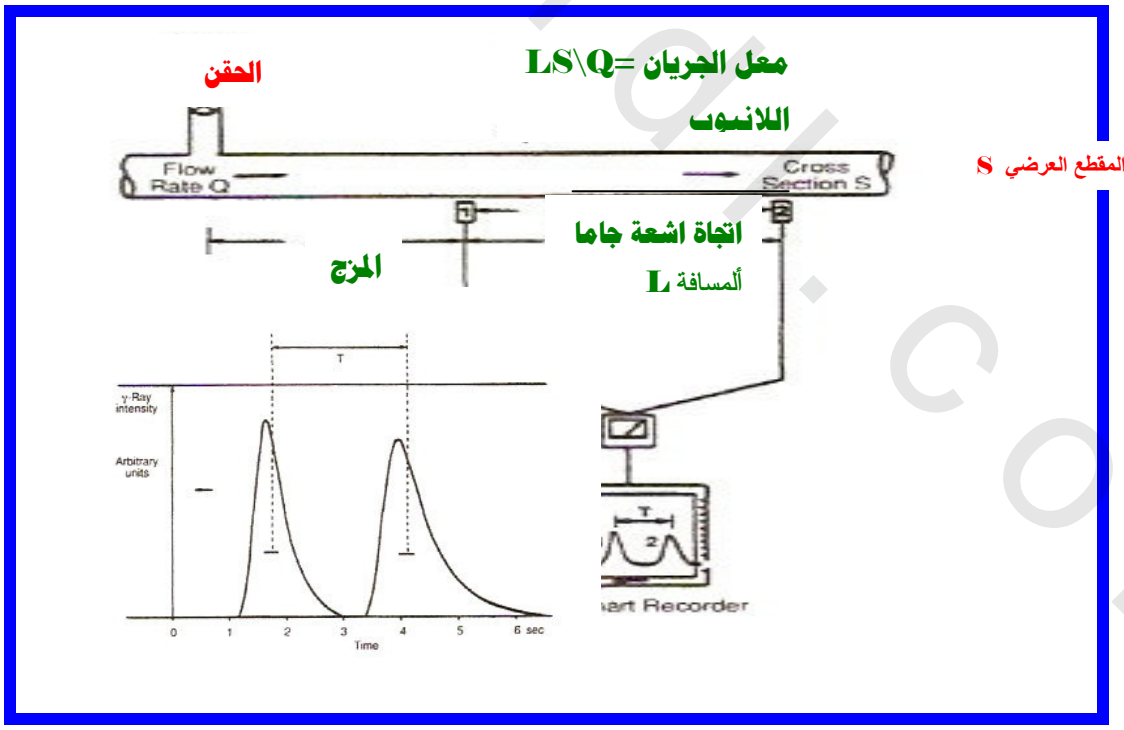
معدل سرعة الجريان الخطي = L/T ويمكن قياسها وتحويلها الى معدل الجريان الحجمي حسب المعادلة التالية:

معدل الجريان (Q)=LS/T

في الأنابيب التي تحتوي على مائع تحت ضغط عالي ، فأن العنصرالمشع الذي غالبا ما يكون باعثا لأشعة جاما يحقن في الانبوب بواسطة جهاز حقن تحت ضغط مناسب .

ان هذه الطريقة لا يفضل استعمالها في قياس معدل جريان السوائل اللزجة التي تنشر 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 الانابيب 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 مقتفي مشع بمعدل ثابت في سائل جاري . وعلى افتراض ان المقتفي يمتـــزج امتزاجـــا متجانسا مع السائل فأن تركيز المقتفي في السائل يتناسب عكسيا مع معدل جريان السائل.يحســـب تركيز المقتفي 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 كاشـــف 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 للمقتفي قبل الحقن هو C_1 وان التركيز النهائي للمقتفي في السائل عند الكشف هو C_2 حقن بمعدل جريان ثابت Q_1 في السائل فأن معدل جريان السائل Q_2 يحسب مـــن 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 :

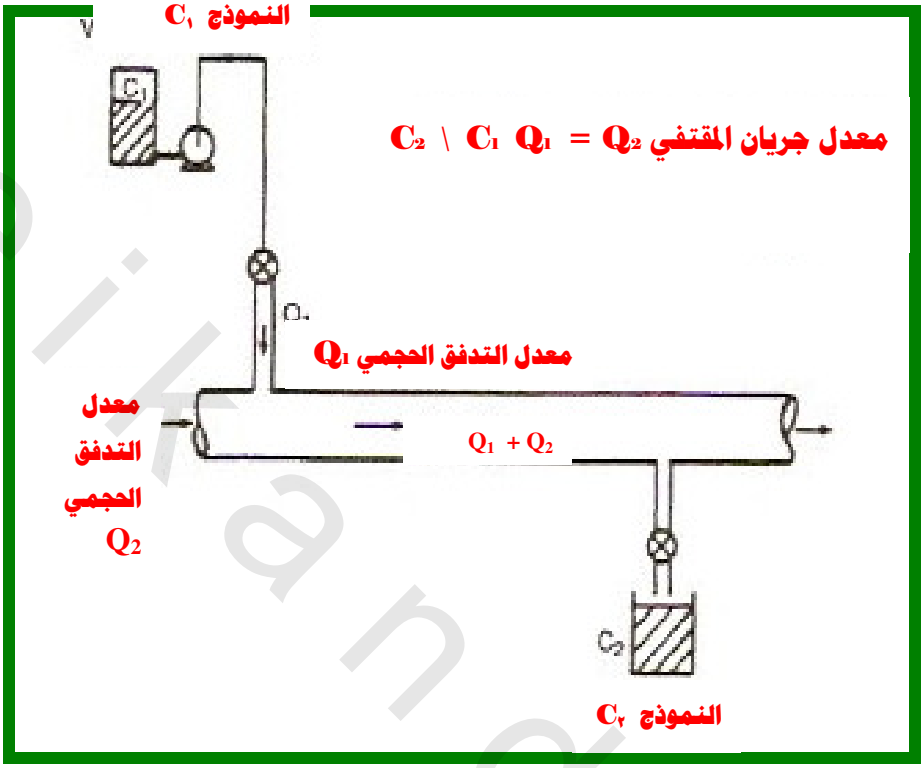
$$Q_2 = Q1 \times C_1/C_2$$

تستعمل هذه الطريقة لقياس معدل جريان السوائل في الانابيب والقنوات المفتوحة . ومن مساوئها انها تحتاج غلى كميات من النظير المشع اكثر من احتياج بقية الطرق . هذه الطريقة لا تحتاج لملأ 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 زيـــادة الكلفـــة وتعرض الصحة العامة لخطر التلوث مما يحتم الوقاية والحذر .

obeikandi.com

الشكل ٤-٢ طريقة التخفيف



٣- طريقة العد الكلي (Total - Count Method)

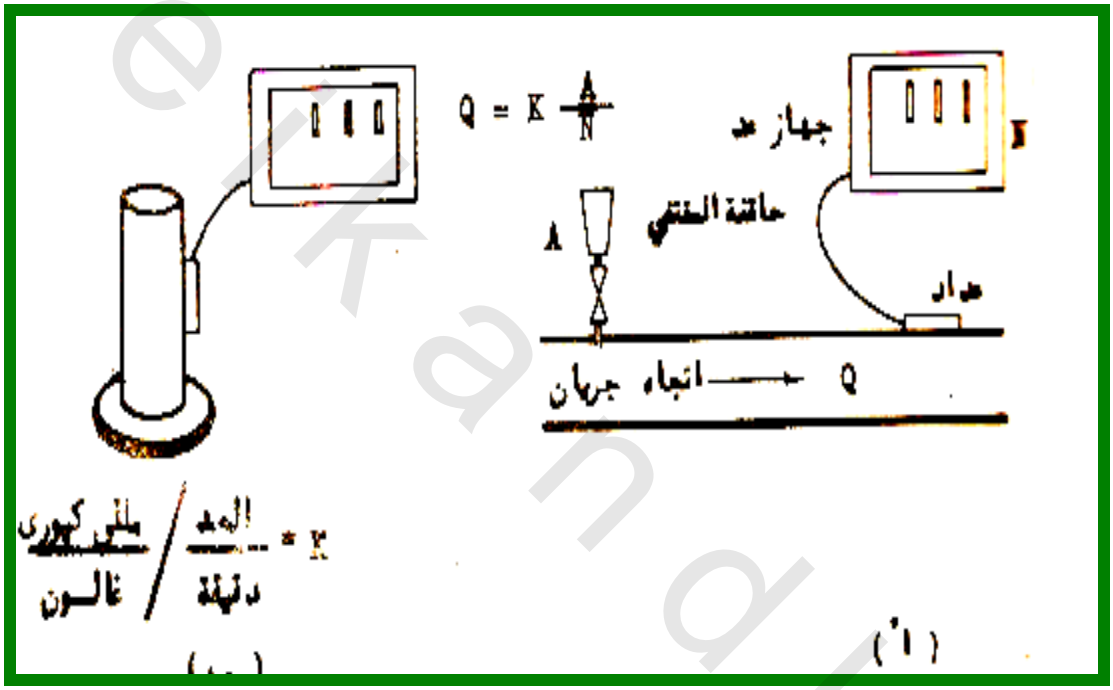
الطريقة المتبعة في هذه الحالة حقن كمية معينة من نظير مشع نشاطه الاشعاعي (A) معلوم في المائع الجاري المطلوب قياس معدل سرعته ، ويثبت كاشف للاشعة على بعد معين من منطقـــة الحقن وتسجل القراءة على جهاز العد عند مرور المقتفي بكامله .شكل (٤– ٣) هذه الطريقة مبنية على مبدا التوازن للمقتفي الذي يعتمد على قياس العد الكلي للنشاط الاشعاعي 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 الاشعاعي للمقتفي ، كما في المعادلة التالية:

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

obeikandl.com

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 اعلاة وتسجل القــراءة بنفس الطريقة .ومن أهم مميزات هذه الطريقة ان مقطع الجريان قد لايكون ثابتا او معلوما عنــد 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 يوضع مولد نيتروني بالقرب من الانبــوب 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 النيترونات 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 مياة الشرب. باستعمال مقتفيات غير نشطه اشعاعيا لقياس معدلات الجريان للسوائل . حيث تؤخذ كميه من مقتفي وتحقن مرة واحدة في الوسط وبسرعة . ثم تؤخذ نماذج منفصله وبحجم ثابت من نقطة بعيدة عن منطقة الحقن في فترات مختلفة اثناء مرور المقتفي . تشعع هذه النماذج باستخدام فيض نيوتروني مناسب من المفاعل النووي او مولد نيوتروني ولغرض التعيير والقياس يشعع وتحت نفس الظروف نموذج خالي من المقتفي ونموذج اخر يحتوي على كمية معلومة من المقتفي غير المشع. ويحسب معدل الجريان من المعادلة التالية:

$$Q = A/CT$$

$$CT = \int^{T}_{0} c(t)\, dt$$

حيث ان

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

٥-٤ دراسة نمط الجريان (Flow Pattern Study)

تعتمد دراسة نمط الجريان ، كما في معظم حالات التقنية الاقتفائية الاشعاعية على حقن او اضافة مقتفي مشع في الوسط قيد الدراسة بواسطة وتتبع سلوك المقتفي باستعمال كواشف موضوعه في اماكن معينه ، 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 يشعع 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 .

obeikandl.com

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 وميضي 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 المتقفي 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 شرحة في الفقرات السابقة. وأما في قابلوات 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 الموضوعة على سطح الارض على ان القابلوات اذا كانت مدفونة عميقا تحت الارض ، فتحفر التربة إلى عمق مناسب وتنزل الكواشف داخل الحفر لتكون على مقربة من خط القابلوات . 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 –

يملأ 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 مدفونا عميقا تحت الارض ففي هذه الحالة تحفر عدة حفرات في الاماكن المشكوك فيها ، مثل مناطق اللحام ، قريبه من الخط وتنزل فيها الكواشف إلى ان تكتشف المادة المشعة الناضحة من الانبوب . ومن ثم يزال التلوث من الأنبوب بغسلة بحامض مناسب او ماء نظيف لازالة التلـــوث الاشعاعي داخل الانبوب .

١ - خطوط الانابيب الطويلة ومعدلات النضوح العالية –

تعتمد الطريقة في هذه الحالة على قياس سرعة حركة السائل والتغير الذي يحدث في السرعة نتيجة وجود النضوح . يحقن السائل الجاري بنظير مشع ذي نشاط اشعاعي نوعي عالي فـــي مدخل الانبوب ، وتقاس سرعة جريان السائل بكاشف نووي في عدة اماكن ملاءمة على الخط . فعندما يمر السائل من نقطة نضوح يحصل تغير مفاجئ في سرعته ، وبهذا يمكن معرفة منطقة النضوح . وعندما يكون الجريان مضطربا ، فأن انتشار النظير المشع يكون قليلا . اما فـــي الجريان الهادئ فأن انتشار النظير يكون كبيرا وعندئذ يكون قياس معدل تغير السرعة صعبا ، لذا لا يحبذ استعمال هذه الطريقة في الحالة الاخيرة .

٣- خطوط الانابيب الطويلة ومعدلات النضوح القليلة –

يملئ الانبوب بالماء تحت ضغط ثابت ويغلق طرفي الانبوب ويترك لحـــين اكمـــال تـــوازن الضغط . ثم يحقن النظير المشع في وسط الانبوب . ان النظير سوف يتحرك نحـــو منطقـــة النضوح ويمكن الكشف عن اتجاه الحركة بوضع كاشفين على جانبي نقطة الحقن . وبعد تعيين الجانب الناضح من الانبوب تعاد التجربة في هذا الجانب ، وتكرر العملية إلى حين الاهتداء إلى منطقة النضوح .

٤- خطوط الانابيب المدفونة عميقا –

يحقن الانبوب بمحلول مشع يدفع بواسطة ماء مضغوط وتدفع اجهزة نووية كاشفة الى داخل الانبوب والتي تتألف من كاشف ومحلل طيفي ومسجل بياني مثبتة داخل منظفة **(Scraper)** مصممه خصيصا لتقليل تاثير الصدمات على الاجهزة التي تحتويها وتثبت عادة علـــى الخـــط مصادر اشعة جاما ، مثل الكوبلت – ٦٠، على مقربة من الانبوب المدفون في نقاط معلومـــة البعد . وبعد انتهاء التجربة يدرس المخطط البياني الموضحة عليه مواقع المصادر الاشعاعية بضمنها موقع النضوح باعتباره مصدرا اشعاعيا . ثم ينظف الانبوب جيداً بالماء للتخلص من جميع المواد المشعة العالقة على السطح الداخلي للانبوب .

٥- كشف الحدود الفاصلة.

يكشف عن الحدود الفاصلة بين المنتجات المرسلة فـــي الانابيـــب بالتعاقـــب **(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 مثبته 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 .

٤-٧ دراسة خواص العمليات الانتاجية (Process Characteristics)

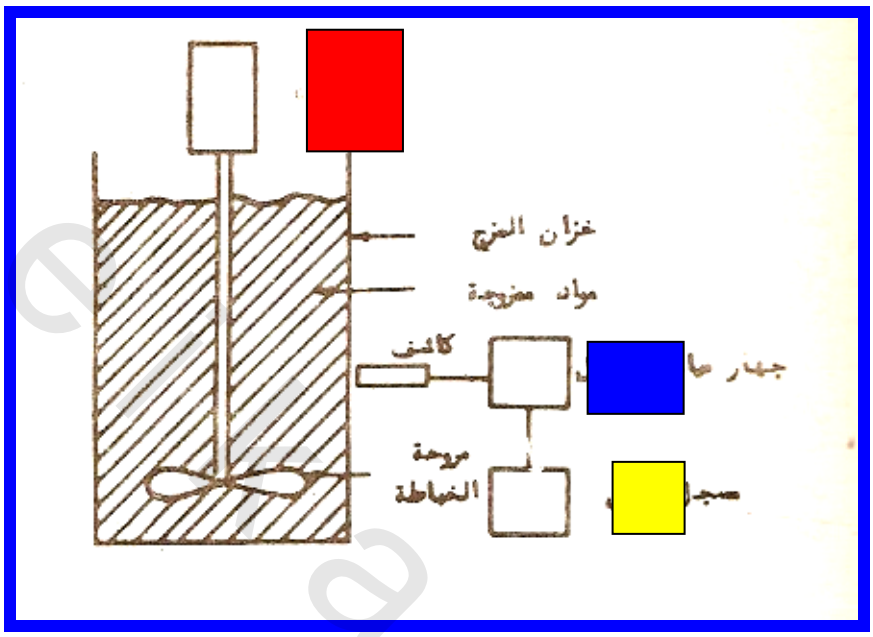
دخلت التقنية الاقتفائية بالنظائر المشعة مجالات عديدة اخرى في العمليات الانتاجية لدراسة الصفات الفيزيائية والكميائية لهذه العمليات . وفائدة المقتفيات المشعة في هذا المجال هي امكانية اجراء الدراسات والفحصوات الضرورية من خارج المنضومات الانتاجية ، بدون اخذ نماذج في اغلب الاحيان . ومن اهم التطبيقات لمعرفة 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 لايجاد 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 يصورة مستمرة شكل (٤- ٤). وذلك بوضع كاشف على السطح الخارجي للخزان الذي تجري فيه عملية المزج او يغمر الكاشف في المزيج اذا كانت الظروف ملاءمة 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 المـــزيج . ان اهميـــة هـــذة الطريقة مهمة في كثير من العمليات الانتاجية التي تتضمن مزج بعض المواد بمواد اخـــرى ولعملية المزج المتجانس اهمية كبيرة في السيطرة على نوعية المنتج النهائي .

٢- زمن المكوث (Residence Time)

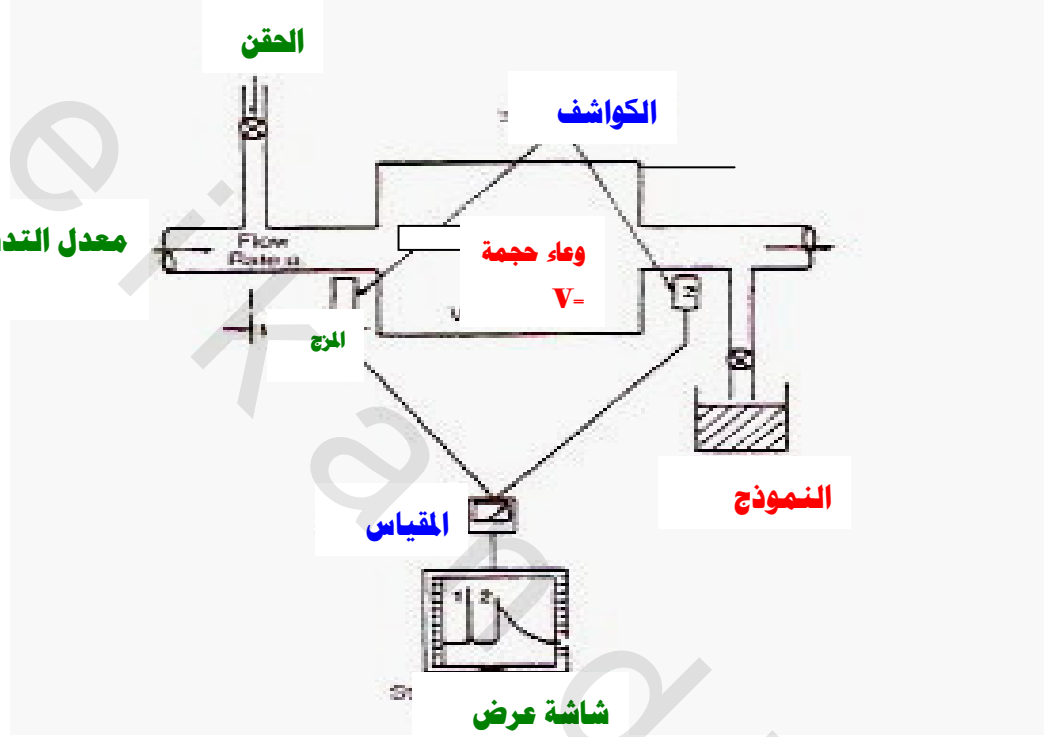
تتلخص الطريقة المتبعة في ايجاد مدة المكوث بإضافة مقتفي مشع للمادة تحت الدراسة في بداية مرحلة الانتاج ثم الكشف عنها لغرض تحديد الفترة الزمنية التي تستغرقها المادة في الوصول الى

المرحلة النهائية. ويتم الكشف عن المقتفي بواسطة كاشف متصل عادة بجهاز قياس المعـــدل 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. وهذة الظواهر واضحة جدا في العمليـــات

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

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



ومن المجالات التطبيقية لهذة التقانة:

ا – دراسة حركة المواد الاولية في الافران الدوارة في تصنيع السمنت ويستعمل الصوديوم –٢٤ المشع لهذة الدراسات.

ب – تتبع العمليات الصناعية باستخدام النظائر المفتوحة كما في حالة مزج السمنت لغرض حقن آبار النفط بها هو إضافة مسحوق من أوكسيد السكانديم **Sc-46** نشاطه الإشعاعي حوالي **750**ميكابيكرل 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 المقتفي حتى يصل إلى الموقع المناسب.

ج – تقييم التكسر الحاصل في الصخور داخل آبار النفط أو الغاز يتم باستخدام أقراص بلاستيكية مطلية بحوالي ١٥ كيكابيكرل من ^{110m}Ag تضاف داخل البئر.وعندما تتم عملية التكسير و تستخرج السوائل الفائضة من داخل البئر فبل 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 الابارالى داخل البئر.

٤- ٨ استخدام التقانة الاقتفائية في التحليل :

من المجالات التطبيقية للتقانة الاقتفائية 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 هذة 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 سبرالابار 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 المقتفية المستخدمة في سبر الآبار ولبئر منفرد.

الغاز	السائل	تعليم 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 لايمكن فصلها من المزيج الذي يحتويها . وتتلخص 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:

$$m_1 A_1 = (m_1+m_2) A_2$$
$$m2 = m_1 (A_1/A_2 - 1)$$

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 فصلة.

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

٤- ٩ أستخدامات اخرى

توجد استخدامات اخرى لتطبيق التقانة الاقتفائية اهمها ما يلي:

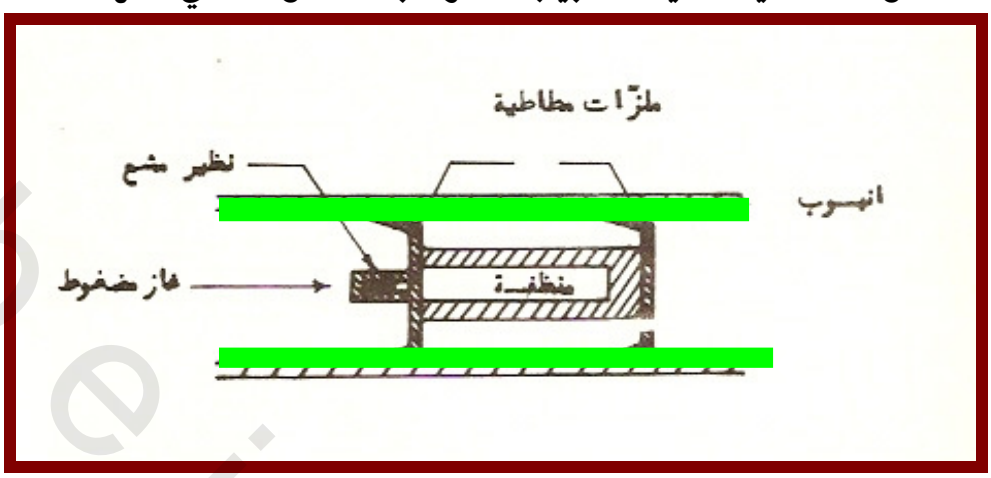
١ – تنظيف الانابيب (Pigging).

تستعمل بعض المنظفات لتنظيف انابيب النفط والزيت 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 اللحام وللتاكد 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 لاخراج المنظفة وتصليح الخطأ في الانبوب. ويبين الشكل ٤–٦ هذه الطريقة.

٢ - الاحتكاك والتآكل (Friction &Wear)

من الدراسات المهة في العمليات الصناعية والتي تستخدم المقتفيات المشعة هي دراسة الاحتكاك بين السطوح والتاكل الناتج عن ذلك في حلقات المكبس وبطانة الاسطوانة للمحرك والمضاجع والتروس ومعدات الخراطة.وكذلك في قطع المكائن والمحركات. وتوجد عدة طرائق دراسة التاكل اهمها:–

الشكل ٤-٦ عملية تنظيف الانابيب المدفونة باستعمال المقتفي لمشع

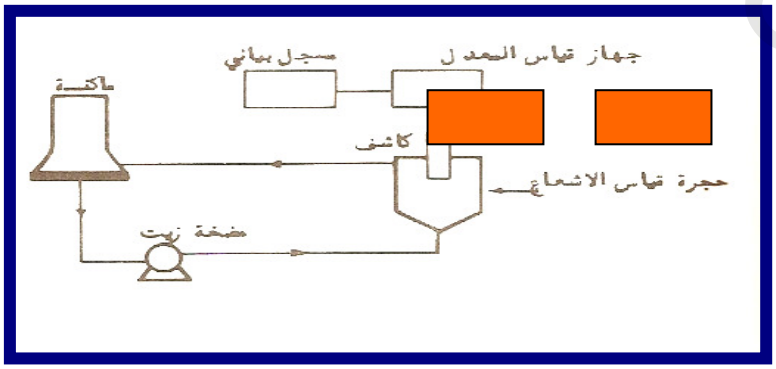


١ – أخذ نماذج من الزيت في فترات دورية ثم تشعيع النماذج المطلوب دراستها في مفاعل نووي ومعرفة تراكيز العناصر النزرة والتي سببت التاكل فمثلا يشعع الريت الماخوذ من المكائن وتأخذ نماذج ثابتة من الزيت المشعع على فترات وقياس نشاطها الأشعاعي حيث تشير أية زيادة في النشاط الأشعاعي للزيت الى زيادة التأكل في قطع 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 التأكل 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 الاشعاعي للزيت المحتوى على المادة المشعة بواسطة كاشف مثبت على خط مجرى الزيت كما مبين في الشكل ٤–٧ .

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



٣ –الأنحنائات (Corrosion)

تحصل في شبكة انابيب بعض المنظومات بعض الأنحنائات الحاصلة نتيجة تكون الصدأ في الجدار الداخلي في الانبوب بصورة كبيرة.ولدراسة هذة الظاهرة لاهميتها الكبيرة في مواصلة عمل المنظومة بدون نتائج سلبية كأنفجار أحد أالانابيب في احد مراجل المنظومة .من الطرائق المستعملة لدراسة بعض انواع الصدأ أضافة مقتفي مشع الى المنظومة ومعرفة المواد التي سببت الصدا .
ومن التطبيقات في هذة المجال دراسة الصدأ الثقبي (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 علية يتم قياس النشاط الاشعاعي لنماذج من المادة المنتجة.

٦ – سبر الابار:

من اهم الطرق الاقتفائية المستخدمة في سبر الابار هي حقن المقتفي المشع في عملية حفر الابارشكل (٤ – ٨) هي :

ا – دراسات الاقتفائية لبئر منفرد .
ب – اسات الاقتفائية لعدة ابار .
ج – الدراسات الاشعاعية في حفرالابار.
ء – الدراسات الاشعاعية في قياس عمق البئر.

٤ – ١٠ امان وسلامة المصادر المشعة المفتوحة:-

١ - تحضير المقتفي المشع:-

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

أو أن المواد المشعة قد تضاف بشكل مناسب إلى المنظومات. في كل هذه التحضـــيرات للمـــواد 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 ألحاله فيجب أن يحتـــوي المختبر على منطقة سيطرة لغرض التعامل مع المواد المشعة المفتوحة ، و صـــناديق قفازيـــه (Fume Hood) وتهوية خاصة وقياسات للجرع الداخلية والخارجية للعاملين. تغلـــف المقتفيـــات بشكل يسهل عملية نقلها الموقع واستخدامها مباشرة للقياس.

الشكل (٤-٨) المقتفيات المشعة المستخدمة في سبر الابار

٢ - التعامل مع المقتفيات الإشعاعية:-

يقوم القسم أو الشركة المختصة المرخصة بحقن المقتفيات الإشعاعية، وتقوم بتهية الموقع واتخـــاذ كافة الاحتياطات الازمة لمنع حصول أي حادث اشعاعي او التعامل مع الحادث عند حصولة .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 أنما 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 ألمنطقه 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 I^{131}. ويمكن تقليل المخاطر من التعرض الداخلي باستبدال المواد المشعة المتطايرة بأخرى غير متطايرة مثل Tc^{99m} .

في عملية التنقيب 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 مبالغ كبيرة.

٤ – ١١ الحوادث الناتجة عن استخدام المقتفيات 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 غيرمسيطرعليها 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 وشـــرطة 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 المخـــاطر الإشعاعية.وفي حالة حوادث الطرق فان الوثائق التي تصاحب الشحنة الإشعاعية المنقولة توضـــح 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 والطـــرق لتقليـــل المخاطر الصحية وعدم انتشار المواد المشعة.

ج- توفير اتصال لمدة 24 ساعة لفرق الطوارئ في حالة الحرائق،وأخذ الاحتمال بتبخـــر المـــادة المشعة واتخاذ كافة الوسائل الممكنة لمنع استنشاق المواد المشعة من خلال ارتداء الأقنعة 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 عـــدم التعامل الجيد مع الحادث يؤدي إلى تلوث منطقة العمل وخارجها والأشخاص وتؤدي إلى تأثيرات صحية ضارة على الإنسان والبيئة.ان عمل المصادر المشعة الاقتفائية يولد نفايات مشعة والتي يجب أن تتجمع وتصرف استنادا إلى متطلبات الجهة الرقابية. هذه النفايات قد تتضمن معـــدات الوقايـــة المختبرية مثل مئزر (مريلة) المختبر،القفازات ،المواد الماصة،الزجاجات المختبرية ،فإذا كانـــت المادة المشعة ذات نصف عمر قصير فان جميع هذه النفايات تحفظ لفترة زمنية لكي تنحلل 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 او البلاستك هذا يتطلب رزم الملوثات ونقلها الى منشات معاملة النفايـــات المرخصة من قبل السلطات الرقابية

ب – الخزن المؤقت :

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

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

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

ا- 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 الفيزياوية (صلبة او سائلة).

ب- معاملة النفايات وتتضمن:

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

٢-امتصاص السوائل بواسطة نسيج صلب.

ج- تهيئة الملوثات لغرض الطمرمثل تغليفها ونقلها.