



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201318004 A1

(43)公開日：中華民國 102 (2013) 年 05 月 01 日

(21)申請案號：100138204

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 10 月 21 日

(51)Int. Cl. : **G21C17/017 (2006.01)**

(71)申請人：行政院原子能委員會核能研究所 (中華民國) (TW)

桃園縣龍潭鄉文化路 1000 號

(72)發明人：林書睿 (TW)；張明儒 (TW)；蔡柏軍 (TW)

(74)代理人：林金東

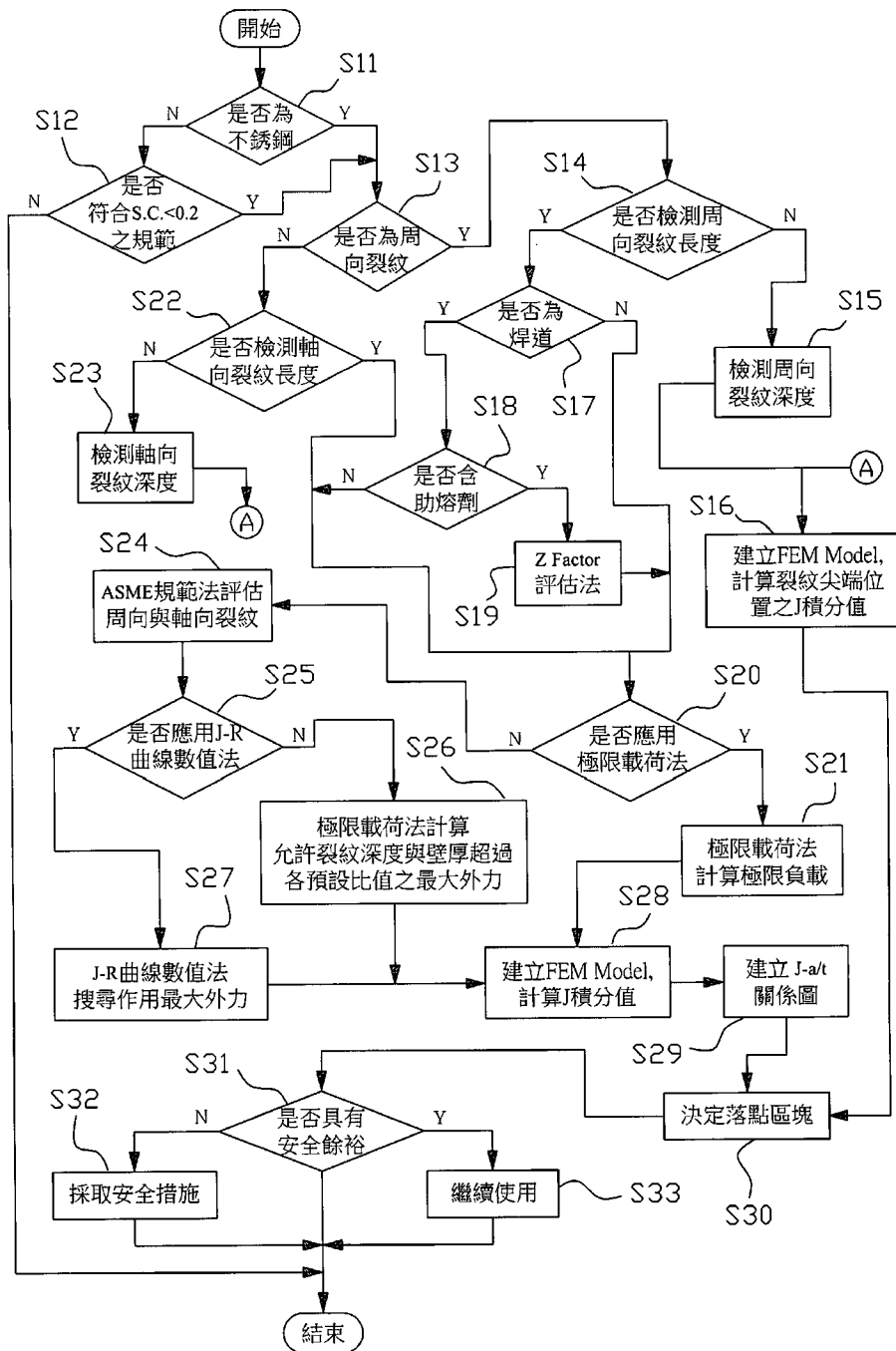
申請實體審查：有 申請專利範圍項數：8 項 圖式數：2 共 23 頁

(54)名稱

含裂紋管路之彈塑性應變能釋放效率評估方法

(57)摘要

一種含裂紋管路之彈塑性應變能釋放效率評估方法，主要是利用程式進行 ASME 規範評估式計算，以獲取該含裂紋管路之有限元素模型的輸入參數後，完成相等裂紋長度下一系列不同裂紋深度與壁厚比值之 J 積分數值計算；並以相同的操作方式應用於極限荷載法的理論公式；再引用 J-R 曲線數值法獲得該含裂紋管路之 J 積分值，最後將三種計算方式所得的 J 積分值配合不同裂紋深度與壁厚比值以折線圖的方式呈現，藉由該圖可查出或研判該含瑕疵(裂紋)管路在運轉外力作用下，其尚存之承載能力之落點位置。



S11：是否為不銹鋼

S12：是否符合 S.C. < 0.2 之規範

S13：是否為周向裂紋

S14：是否檢測周向裂紋長度

S15：檢測周向裂紋深度

S16：建立 FEM

Model，計算裂紋尖端位置之 J 積分值

S17：是否為焊道

S18：是否含助熔劑

S19：Z Factor 評估法

S20：是否應用極限載荷法

S21：極限載荷法計算極限負載

S22：是否檢測軸向裂紋長度

S23：檢測軸向裂紋深度

S24：ASME 規範法評估周向與軸向裂紋

S25：是否應用 J-R 曲線數值法

S26：極限載荷法計算允許裂紋深度與壁厚超過各預設比值之最大外力

S27：J-R 曲線數值法搜尋作用最大外力

S28：建立 FEM

Model，計算 J 積分值

S29：建立 J-a/t 關係圖

S30：決定落點區塊

S31：是否具有安全餘裕

S32：採取安全措施

S33：繼續使用

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：100138704

※ 申請日：

100. 10. 21

※IPC 分類：G21C 11/01 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

含裂紋管路之彈塑性應變能釋放效率評估方法

二、中文發明摘要：

一種含裂紋管路之彈塑性應變能釋放效率評估方法，主要是利用程式進行 ASME 規範評估式計算，以獲取該含裂紋管路之有限元素模型的輸入參數後，完成相等裂紋長度下一系列不同裂紋深度與壁厚比值之 J 積分數值計算；並以相同的操作方式應用於極限荷載法的理論公式；再引用 J-R 曲線數值法獲得該含裂紋管路之 J 積分值，最後將三種計算方式所得的 J 積分值配合不同裂紋深度與壁厚比值以折線圖的方式呈現，藉由該圖可查出或研判該含瑕疵(裂紋)管路在運轉外力作用下，其尚存之承載能力之落點位置。

三、英文發明摘要：

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- S11... 是否為不銹鋼
- S12... 是否符合 S.C. <0.2 之規範
- S13... 是否為周向裂紋
- S14... 是否檢測周向裂紋長度
- S15... 檢測周向裂紋深度
- S16... 建立 FEM Model，計算裂紋尖端位置之 J 積分值
- S17... 是否為焊道
- S18... 是否含助熔劑
- S19... Z Factor 評估法
- S20... 是否應用極限載荷法
- S21... 極限載荷法計算極限負載
- S22... 是否檢測軸向裂紋長度
- S23... 檢測軸向裂紋深度
- S24... ASME 規範法評估周向與軸向裂紋
- S25... 是否應用 J-R 曲線數值法
- S26... 極限載荷法計算允許裂紋深度與壁厚超過各預設比值之最大外力
- S27... J-R 曲線數值法搜尋作用最大外力
- S28... 建立 FEM Model，計算 J 積分值
- S29... 建立 J-a/t 關係圖
- S30... 決定落點區塊
- S31... 是否具有安全餘裕
- S32... 採取安全措施
- S33... 繼續使用

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於含裂紋管路之彈塑性應變能釋放效率評估方法，特別是指一種具有實用性及客觀評估結果之含裂紋管路應變評估方法。

【先前技術】

在核能電廠運轉階段下，為維持其基本安全與功能，各種含瑕疵之一級管路必須依據 ASME 規範 Section XI, Division 1 各項章節之要求，進行劣化管路檢查及結構完整性之安全評估；依據檢查結果（目視或超音波等檢測）所發現瑕疵，須由規範公式計算及預測含瑕疵（或裂紋）的管路在下次檢測前之劣化程度，是否滿足規範內允許之接受標準，作為是否續用決定之基礎或作為日後維修或汰舊換之依據。

然而，ASME 規範雖提供詳盡的評估方法及公式，且部份評估法屬於非強制性，代表對於含瑕疵的管路安全評估可有多種方式進行，但在經濟效益及安全考量上則不易取得最佳化方式；如規範使用極限荷載(Limit Load)的評估方法分析含瑕疵的不銹鋼管路，由於該種管路之材質具延展性，在斷裂前仍可吸收能量，但依據規範的安全評估精神，該瑕疵管路的承載能力經安全係數的折減後，必須回復到彈性設計的水準，這對安全性的考量下具有充分的保障，但在經濟效益下則非最佳選擇。

所以，經由上述評估方式有下列缺點：

1. 現有規範藉由查表法或評估式查詢允許的裂紋深度值，並與實際裂紋深度值比較加以評估，因此受限於規範保守程度，低估實際承載能力。
2. 由理論公式計算數值結果(單點最大值)，無法檢視全面性的趨勢（無模

擬狀況之模型)。

有鑑於習見含裂紋管路之評估方式有上述缺點，發明人乃針對該些缺點研究改進之道，終於有本發明產生。

【發明內容】

本發明之主要目的在於提供一種含裂紋管路之彈塑性應變能釋放效率評估方法，其係將各種評估方法在同一標準(J 積分值)下檢視，以直接了解種評估方法之間存在的餘裕範圍；且可經由直接由折線圖看出含裂紋管路之結構安全性，具有應用上之便利性。

本發明之另一目的在於提供一種含裂紋管路之彈塑性應變能釋放效率評估方法，其可於折線圖上大致推估裂紋尖端 J 積分值的變化或裂紋成長狀況(外力不變下，裂紋成長的 J 積分值趨勢)，具有應用上之實用性。

本發明之另一目的在於提供一種含裂紋管路之彈塑性應變能釋放效率評估方法，其可同時顯示多組評估結果，藉以了解各組評估參數間之影響程度，可提昇判斷上之客觀性。

本發明為達成上述目的及功效，其所採行的技術手段包括：一「是否為周向裂紋」判斷步驟，係確認於管路上之裂紋形態，若判別結果為肯定"Y"，表示為周向裂紋，則再執行一「是否檢測周向裂紋長度」判斷步驟，而若判別結果為否定"N"，則表示為非周向之軸向裂紋，則可執行一「是否檢測軸向裂紋長度」判斷步驟；一「是否檢測周向裂紋長度」判斷步驟，確認是否檢測該周向裂紋之長度，若判別結果為否定"N"，則可經由一「檢測周向裂紋深度」步驟，再執行一「建立 FEM Model，計算裂紋尖端位置之

J 積分值」步驟，以取得該裂紋尖端位置（周向）之實際 J 積分值，若判別結果為肯定"Y"，則可執行一「是否應用極限載荷法」判斷步驟；一「是否檢測軸向裂紋長度」判斷步驟，確認是否檢測該軸向裂紋之長度，若判別結果為否定"N"，則經由一「檢測軸向裂紋深度」步驟，再執行一「建立 FEM Model，計算裂紋尖端位置之 J 積分值」步驟，以取得該裂紋尖端位置（軸向）之實際 J 積分值，若判別結果為肯定"Y"，則可執行一「是否應用極限載荷法」判斷步驟；一「是否應用極限載荷法」判斷步驟，若判別結果為肯定"Y"，則可經由一「極限載荷法計算極限負載」步驟，再執行一「建立 FEM Model，計算 J 積分值」步驟，以取得該極限載荷法之 J 積分值，而若該判別結果為否定"N"，則經由一「ASME 規範法評估周向與軸向裂紋」步驟，再執行一「是否應用 J-R 曲線數值法」判斷步驟；一「是否應用 J-R 曲線數值法」判斷步驟，若判別結果為否定"N"，則經由一「極限載荷法計算允許裂紋深度與壁厚超過各預設比值之最大外力」步驟，再執行該「建立 FEM Model，計算 J 積分值」步驟，以取得該 ASME 規範法之 J 積分值，而若判別結果為肯定"Y"，則經由一「J-R 曲線數值法搜尋作用最大外力」步驟，再執行該「建立 FEM Model，計算 J 積分值」步驟，以取得該 J-R 曲線數值法之 J 積分值；一「建立 J-a/t 關係圖」步驟，依上述各方法取得的 J 積分值與裂紋深度／壁厚比值(a/t)建立一具有三條界線之折線圖；一「決定落點區塊」步驟，將前述裂紋尖端位置之 J 積分值與該折線圖相結合，可於該折線圖內形成一單點；一「是否具有安全餘裕」判斷步驟，係依該單點於該折線圖內之位置，而可判別該裂紋是否具有安全餘裕。

依上述方法，其中該「是否檢測周向裂紋長度」判斷步驟與「是否應用極限載荷法」判斷步驟之間設有一「是否為焊道」判斷步驟，若判別結果為否定"N"，則直接執行該「是否應用極限載荷法」判斷步驟，而若判別結果為肯定"Y"，則執行一「是否含助熔劑」步驟，若判別結果為否定"N"，則直接執行該「是否應用極限載荷法」判斷步驟，而若判別結果為肯定"Y"，則執行一「Z Factor 評估法」步驟。

依上述方法，其中該「是否為周向裂紋」判斷步驟之前，設有一「是否為不銹鋼」判斷步驟，若判別結果為肯定"Y"，表示該管路為不銹鋼材質，則直接執行該「是否為周向裂紋」判斷步驟，而若判別結果為否定"N"，表示該管路為非不銹鋼之碳鋼材質，則另執行一「是否符合 S.C. <0.2 之規範」判斷步驟，若判別結果為肯定"Y"，則符合相關不銹鋼材質之判斷程序，可直接執行該「是否為周向裂紋」判斷步驟，而若判別結果為否定"N"，則代表不適用本法，則結束整體評估方法。

依上述方法，其中該「ASME 規範法評估周向與軸向裂紋」步驟係將裂紋長度視為輸入參數，在裂紋深度的部分，依據複數不同裂紋深度與壁厚的比值(a/t)分別計算規範最小裂紋允許深度，此每一組最小裂紋允許深度則對應一組最大外力，將該裂紋長度、最小裂紋允許深度、外力等作為有限元素法之數值模型輸入參數，求解 J 積分值。

依上述方法，其中該「極限載荷法計算極限負載」步驟係將裂紋的長度視為極限荷載法(Limit Load)的輸入參數，依複數不同裂紋深度與壁厚的比值(a/t)求得最大外力的輸入參數，將裂紋長度、裂紋深度、外力等作為有限元素法之數值模型輸入參數，求解 J 積分值。

依上述方法，其中該「J-R 曲線數值法搜尋作用最大外力」步驟係將裂紋長度視為 J-R 曲線數值法的輸入參數，裂紋深度的部分，依據複數不同裂紋深度與壁厚的比值(a/t)分別計算最小裂紋深度，此時各組最小的裂紋深度將各自對應最大外力，並直接擷取承受最大外力作用下之 J 積分值。

依上述方法，其中該複數裂紋深度與壁厚的比值(a/t)係分別為：0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.75 等七組。

依上述方法，其中該「建立 FEM Model，計算裂紋尖端位置之 J 積分值」步驟係將實際檢測之裂紋長度、深度與管路設計外力作為有限元素模型之輸入參數，以求得該裂紋尖端位置之 J 積分值。

至於本發明之詳細構造、應用原理、作用與功效，則參照下列依附圖所作之說明即可得到完全的瞭解：

【實施方式】

請參照第 1 圖，可知本發明之方法主要包括：「是否為不銹鋼」S11 判斷步驟、「是否符合 S.C. < 0.2 之規範」S12 判斷步驟、「是否為周向裂紋」S13 判斷步驟、「是否檢測周向裂紋長度」S14 判斷步驟、「檢測周向裂紋深度」S15 步驟、「建立 FEM Model，計算裂紋尖端位置之 J 積分值」S16 步驟、「是否為焊道」S17 判斷步驟、「是否含助熔劑」S18 判斷步驟、「Z Factor 評估法」S19 步驟、「是否應用極限載荷法」S20 判斷步驟、「極限載荷法計算極限負載」S21 步驟、「是否檢測軸向裂紋長度」S22 判斷步驟、「檢測軸向裂紋深度」S23 步驟、「ASME 規範法評估周向與軸向裂紋」S24 步驟、「是否應用 J-R 曲線數值法」S25 判斷步驟、「極限載荷法計算允許裂紋深度與

壁厚超過各預設比值之最大外力」S26 步驟、「J-R 曲線數值法搜尋作用最大外力」S27 步驟、「建立 FEM Model，計算 J 積分值」S28 步驟、「建立 J-a/t 關係圖」S29 步驟、「決定落點區塊」S30 步驟、「是否具有安全餘裕」S31 判斷步驟、「採取安全措施」S32 步驟、「繼續使用」S33 步驟等；其中該「是否為不銹鋼」S11 判斷步驟，係為確認管路之材質，若判別結果為肯定"Y"，表示該管路為不銹鋼材質，則直接執行該「是否為周向裂紋」S13 判斷步驟，而若判別結果為否定"N"，表示該管路為非不銹鋼之碳鋼材質，則另執行一「是否符合 S.C. < 0.2 之規範」S12 判斷步驟，該 S.C. 係為脆性段裂指數 (Kr) 與塑性變形破壞指數 (Sr) 之比值，若其判別結果為否定"N"，則代表不適用本法，則結束整體評估方法，而若判別結果為肯定"Y"，則符合相關不銹鋼材質之判斷程序，可直接執行該「是否為周向裂紋」S13 判斷步驟，該「是否為周向裂紋」S13 判斷步驟，係確認於管路上之裂紋形態，若判別結果為肯定"Y"，表示為周向裂紋，則執行一「是否檢測周向裂紋長度」S14 判斷步驟，而若判別結果為否定"N"，則表示為非周向之軸向裂紋，則執行一「是否檢測軸向裂紋長度」S22 判斷步驟，該「是否檢測周向裂紋長度」S14 判斷步驟，係確認是否檢測該周向裂紋之長度，若判別結果為否定"N"，則可經由一「檢測周向裂紋深度」S15 步驟，再執行一「建立 FEM Model，計算裂紋尖端位置之 J 積分值」S16 步驟，以將實際檢測之裂紋長度、深度與管路設計外力作為有限元素模型之輸入參數，以求得該裂紋尖端位置（周向）之 J 積分值，若該「是否檢測周向裂紋長度」S14 判斷步驟之判別結果為肯定"Y"，則可執行一「是否為焊道」S17 判斷步驟，若判別結果為否定"N"，則執行一「是否應用極限載荷法」S20 判斷步驟，而若判

別結果為肯定"Y"，則執行一「是否含助熔劑」S18 判斷步驟，若判別結果為否定"N"，則直接執行該「是否應用極限載荷法」S20 判斷步驟，而若判別結果為肯定"Y"，則執行一「Z Factor 評估法」S19 步驟之後，再執行該「是否應用極限載荷法」S20 判斷步驟，該「Z Factor」係為使用彈塑性破壞力學(EPFM)時所採用之應力折減因子，而前述「是否檢測軸向裂紋長度」S22 判斷步驟，係確認是否檢測該軸向裂紋之長度，若判別結果為否定"N"，則可經由一「檢測軸向裂紋深度」S23 步驟，再執行該「建立 FEM Model，計算裂紋尖端位置之 J 積分值」S16 步驟，以求得該裂紋尖端位置（軸向）之 J 積分值，若該「是否檢測軸向裂紋長度」S22 判斷步驟之判別結果為肯定"Y"，則執行該「是否應用極限載荷法」S20 判斷步驟，若該「是否應用極限載荷法」S20 判斷步驟之判別結果為肯定"Y"，則可經由一「極限載荷法計算極限負載」S21 步驟，再執行一「建立 FEM Model，計算 J 積分值」S28 步驟，該「極限載荷法計算極限負載」S21 步驟係將裂紋的長度視為極限荷載法(Limit Load)的輸入參數，依複數不同裂紋深度與壁厚的比值(a/t)求得最大外力的輸入參數，將裂紋長度、裂紋深度、外力等作為有限元素法之數值模型輸入參數，求解 J 積分值，藉以取得該極限載荷法之 J 積分值，而若該「是否應用極限載荷法」S20 判斷步驟之判別結果為否定"N"，則經由一「ASME 規範法評估周向與軸向裂紋」S24 步驟，再執行一「是否應用 J-R 曲線數值法」S25 判斷步驟，若該「是否應用 J-R 曲線數值法」S25 判斷步驟之判別結果為否定"N"，則執行一「極限載荷法計算允許裂紋深度與壁厚超過各預設比值之最大外力」S26 步驟，再執行該「建立 FEM Model，計算 J 積分值」S28 步驟，該「ASME 規範法評估周向與軸向

裂紋」S24 步驟係將裂紋長度視為輸入參數，在裂紋深度的部分，依據複數不同裂紋深度與壁厚的比值(a/t)分別計算規範最小裂紋允許深度，此每一組最小裂紋允許深度則對應一組最大外力，將該裂紋長度、最小裂紋允許深度、外力等作為有限元素法之數值模型輸入參數，求解 J 積分值，以取得 ASME 規範法之 J 積分值，而若該「是否應用 J-R 曲線數值法」S25 判斷步驟之判別結果為肯定"Y"，則經由一「J-R 曲線數值法搜尋作用最大外力」S27 步驟，再執行該「建立 FEM Model，計算 J 積分值」S28 步驟，該「J-R 曲線數值法搜尋作用最大外力」S27 步驟係將裂紋長度視為 J-R 曲線數值法的輸入參數，裂紋深度的部分，依據複數不同裂紋深度與壁厚的比值(a/t)分別計算最小裂紋深度，此時各組最小的裂紋深度將各自對應最大外力，並直接擷取承受最大外力作用下之 J 積分值，藉以取得該 J-R 曲線數值法之 J 積分值，於該「建立 FEM Model，計算 J 積分值」S28 步驟之後，另執行一「建立 J- a/t 關係圖」S29 步驟，以該 a/t 比值為 X 軸，該 J 積分值為 Y 軸，將上述各組所求得的 J 積分值與裂紋深度壁厚比值(a/t)建立一具有三條界線（ASME 規範評估法、極限荷載法、J-R 曲線數值法）之折線圖，及一個單點（該分析對象：含裂紋管路）的裂紋尖端位置，再經由一「決定落點區塊」S30 步驟，將前述該裂紋尖端位置之 J 積分值與該折線圖相結合，可於該折線圖內形成一單點，最後以一「是否具有安全餘裕」S31 判斷步驟，係依該單點於該折線圖內之位置，而可判別該裂紋是否具有安全餘裕，若該單點落在 ASME 規範評估法之界線下，表示該含裂紋管路符合 ASME 規範 Section XI 安全評估之要求，若是落在 J-R 曲線數值法界線與 ASME 規範評估法界線中間，則是代表無法通過 ASME 規範要求，但是對於 J-R 曲

線數值法評估，仍有不致破壞的餘裕，若其判別結果為肯定"Y"，則可執行一「繼續使用」S33 步驟，若其判別結果為否定"N"，則執行一「採取安全措施」S32 步驟，以修補或更換該具有裂紋之管路。

本發明上述評估方法主要的關鍵計算在於 J 積分值得求取，係應用商用有限元素軟體 ABAQUS 進行前後處理，在 ASME 規範評估法以及極限荷載法方面，分別編輯相關的計算程式(自動批次計算該裂紋深度壁厚比值(a/t)依序為：0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.75 等七組之最小裂紋深度，並擷取出對應的最大外力值)；另外，為了使評估法不致太過繁複，必須編輯有限元素模型之產生程式，該程式是在 ABAQUS 指令架構下設計，並可針對兩種評估法(ASME 規範評估法、極限荷載法)所產生的數據(裂紋深度、長度、外力)建立 14 組計算 J 積分值的有限元素模型，另外一組模型則是依據檢測結果及設計外力等參數建立，故共 15 組模型，J-R 曲線數值法則可直接擷取出 J 積分值；該 15 組的模型可在多執行緒的運算方式下一次完成，另加入 J-R 曲線數值法分析共可得到的 22 組 J 積分值，其次依據來源的評估法加以分類，以紋深度壁厚比值(a/t)為 X 軸，J 積分值為 Y 軸，可訂出 ASME 規範評估法等三條界線(折線)，其中由檢測結果及設計外力所計算出來的 J 積分值(點)落於 3 種評估法界線的位置，藉以判定裂紋及外力對管路承載能力的安全影響。

以下僅以一實施例，說明本發明之評估方法：

假設一含裂紋之不銹鋼管路，其幾何性質為外徑 14.55 in，壁厚 0.485 in，降伏強度為 30 ksi，彈性模數 30×10^6 psi，其裂紋位置在焊道，安裝焊接時無助熔劑，所承受的外力主要為彎矩力，經檢測後發現有一處裂紋，

依據 ASME 規範將裂紋大小規格化後，得到周向裂紋長度 7 in，因此根據上述的評估方法，可整理得到下列二表格的數據。

表格 1：極限荷載法計算結果

裂紋深度 (in)	裂紋深度與厚壁厚比值 (a/t)	極 限 荷 載 法 (彎矩力：lb)	J 積分值 (lb/in)
0.097	0.2	5460962	229.7
0.1455	0.3	5307188	420.5
0.194	0.4	5149481	676
0.2425	0.5	4987850	974.5
0.291	0.6	4822308	1254
0.3395	0.7	4652869	1453
0.36375	0.75	4566694	1535

表格 2：ASME 規範評估法計算結果

裂紋深度 (in)	裂紋深度與厚壁厚 比值(a/t)	ASME 評估法 所得之最小允 許裂紋深度 *(in)	ASME 評估法 之最小允許深 度所對應之彎 矩力 (lb)	J 積分值 (lb/in)
0.097	0.2	0.1078	1958168	17.12
0.1455	0.3	0.1472	1914012.7	31.21
0.194	0.4	0.1953	1857496.55	49.74
0.2425	0.5	0.2453	1797211.172	71.43
0.291	0.6	0.2912	1740695.097	93.24
0.3395	0.7	0.3396	1679657.736	109.7
0.36375	0.75	0.3638	1620127.471	111.5

*此計算結果必須大於裂紋深度

由各評估法所得到的數值結果，以裂紋深度與壁厚比值為 X 軸，J 積分值為 Y 軸建立折線圖，乃如第 2 圖所示，且由該第 2 圖可立即看出含裂紋管路之安全評估結果，該代表檢測及設計外力的 J 積分值之單點 E 係落於

該折線 C（極限荷載法界線）之下方，與該折線 D（ASME 規範評估法界線）之上方，表示該管路的裂紋狀況已無法符合 ASME 規範安全的需求，若要繼續運轉使用，則可參考其他的評估法（如 J-R 曲線數值法）找尋許可餘裕。

由上所述可知，本發明含裂紋管路之彈塑性應變能釋放效率評估方法確實具有客觀判斷、應用便利且可提昇整體經濟效益之功效，確已具有產業上之利用性、新穎性及進步性。

惟以上所述者，僅為本發明之一較佳實施例而已，並非用來限定本發明實施之範圍。即凡依本創作申請專利範圍所作之均等變化與修飾，皆為本發明專利範圍所涵蓋。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係本發明之評估方法流程圖。

第 2 圖係本發明之 J 積分值對裂紋深度與壁厚比值之一實施例折線圖。

【主要元件符號說明】

S11... 是否為不銹鋼

S12... 是否符合 S.C. < 0.2 之規範

S13... 是否為周向裂紋

S14... 是否檢測周向裂紋長度

S15... 檢測周向裂紋深度

S16... 建立 FEM Model，計算裂紋尖端位置之 J 積分值

S17... 是否為焊道

S18... 是否含助熔劑

S19...Z Factor 評估法

S20... 是否應用極限載荷法

S21... 極限載荷法計算極限負載

S22... 是否檢測軸向裂紋長度

S23... 檢測軸向裂紋深度

S24... ASME 規範法評估周向與軸向裂紋

S25... 是否應用 J-R 曲線數值法

S26... 極限載荷法計算允許裂紋深度與壁厚超過各預設比值之最大外力

S27... J-R 曲線數值法搜尋作用最大外力

S28... 建立 FEM Model，計算 J 積分值

S29... 建立 J-a/t 關係圖

S30... 決定落點區塊

S31... 是否具有安全餘裕

S32... 採取安全措施

S33... 繼續使用

C、D.... 折線

E..... 單點

七、申請專利範圍：

1. 一種含裂紋管路之彈塑性應變能釋放效率評估方法，其至少包括：

一「是否為周向裂紋」判斷步驟，係確認於管路上之裂紋形態，若判別結果為肯定"Y"，表示為周向裂紋，則再執行一「是否檢測周向裂紋長度」判斷步驟，而若判別結果為否定"N"，則表示為非周向之軸向裂紋，則可執行一「是否檢測軸向裂紋長度」判斷步驟；

一「是否檢測周向裂紋長度」判斷步驟，確認是否檢測該周向裂紋之長度，若判別結果為否定"N"，則可經由一「檢測周向裂紋深度」步驟，再執行一「建立 FEM Model，計算裂紋尖端位置之 J 積分值」步驟，以取得該裂紋尖端位置（周向）之實際 J 積分值，若判別結果為肯定"Y"，則可執行一「是否應用極限載荷法」判斷步驟；

一「是否檢測軸向裂紋長度」判斷步驟，確認是否檢測該軸向裂紋之長度，若判別結果為否定"N"，則經由一「檢測軸向裂紋深度」步驟，再執行一「建立 FEM Model，計算裂紋尖端位置之 J 積分值」步驟，以取得該裂紋尖端位置（軸向）之實際 J 積分值，若判別結果為肯定"Y"，則可執行一「是否應用極限載荷法」判斷步驟；

一「是否應用極限載荷法」判斷步驟，若判別結果為肯定"Y"，則可經由一「極限載荷法計算極限負載」步驟，再執行一「建立 FEM Model，計算 J 積分值」步驟，以取得該極限載荷法之 J 積分值，而若該判別結果為否定"N"，則經由一「ASME 規範法評估周向與軸向裂紋」步驟，再執行一「是否應用 J-R 曲線數值法」判斷步驟；

一「是否應用 J-R 曲線數值法」判斷步驟，若判別結果為否定"N"，

則經由一「極限載荷法計算允許裂紋深度與壁厚超過各預設比值之最大外力」步驟，再執行該建立 FEM Model，計算 J 積分值」步驟，以取得該 ASME 規範法之 J 積分值，而若判別結果為肯定"Y"，則經由一「J-R 曲線數值法搜尋作用最大外力」步驟，再執行該「建立 FEM Model，計算 J 積分值」步驟，以取得該 J-R 曲線數值法之 J 積分值；

一「建立 J-a/t 關係圖」步驟，依上述各方法取得的 J 積分值與裂紋深度／壁厚比值(a/t)建立一具有三條界線之折線圖；

一「決定落點區塊」步驟，將前述裂紋尖端位置之 J 積分值與該折線圖相結合，可於該折線圖內形成一單點；

一「是否具有安全餘裕」判斷步驟，係依該單點於該折線圖內之位置，而可判別該裂紋是否具有安全餘裕。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之含裂紋管路之彈塑性應變能釋放效率評估方法，其中該「是否檢測周向裂紋長度」判斷步驟與「是否應用極限載荷法」判斷步驟之間設有一「是否為焊道」判斷步驟，若判別結果為否定"N"，則直接執行該「是否應用極限載荷法」判斷步驟，而若判別結果為肯定"Y"，則執行一「是否含助熔劑」步驟，若判別結果為否定"N"，則直接執行該「是否應用極限載荷法」判斷步驟，而若判別結果為肯定"Y"，則執行一「Z Factor 評估法」步驟。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之含裂紋管路之彈塑性應變能釋放效率評估方法，其中該「是否為周向裂紋」判斷步驟之前，設有一「是否為不銹鋼」判斷步驟，若判別結果為肯定"Y"，表示該管路為不銹鋼材質，則直接執行該「是否為周向裂紋」判斷步驟，而若判別結果為否定"N"，表示該管

路為非不銹鋼之碳鋼材質，則另執行一「是否符合 S.C. <0.2 之規範」判斷步驟，若判別結果為肯定"Y"，則符合相關不銹鋼材質之判斷程序，可直接執行該「是否為周向裂紋」判斷步驟，而若判別結果為否定"N"，則代表不適用本法，則結束整體評估方法。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之含裂紋管路之彈塑性應變能釋放效率評估方法，其中該「ASME 規範法評估周向與軸向裂紋」步驟係將裂紋長度視為輸入參數，在裂紋深度的部分，依據複數不同裂紋深度與壁厚的比值(a/t)分別計算規範最小裂紋允許深度，此每一組最小裂紋允許深度則對應一組最大外力，將該裂紋長度、最小裂紋允許深度、外力等作為有限元素法之數值模型輸入參數，求解 J 積分值。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之含裂紋管路之彈塑性應變能釋放效率評估方法，其中該「極限載荷法計算極限負載」步驟係將裂紋的長度視為極限荷載法(Limit Load)的輸入參數，依複數不同裂紋深度與壁厚的比值(a/t)求得最大外力的輸入參數，將裂紋長度、裂紋深度、外力等作為有限元素法之數值模型輸入參數，求解 J 積分值。

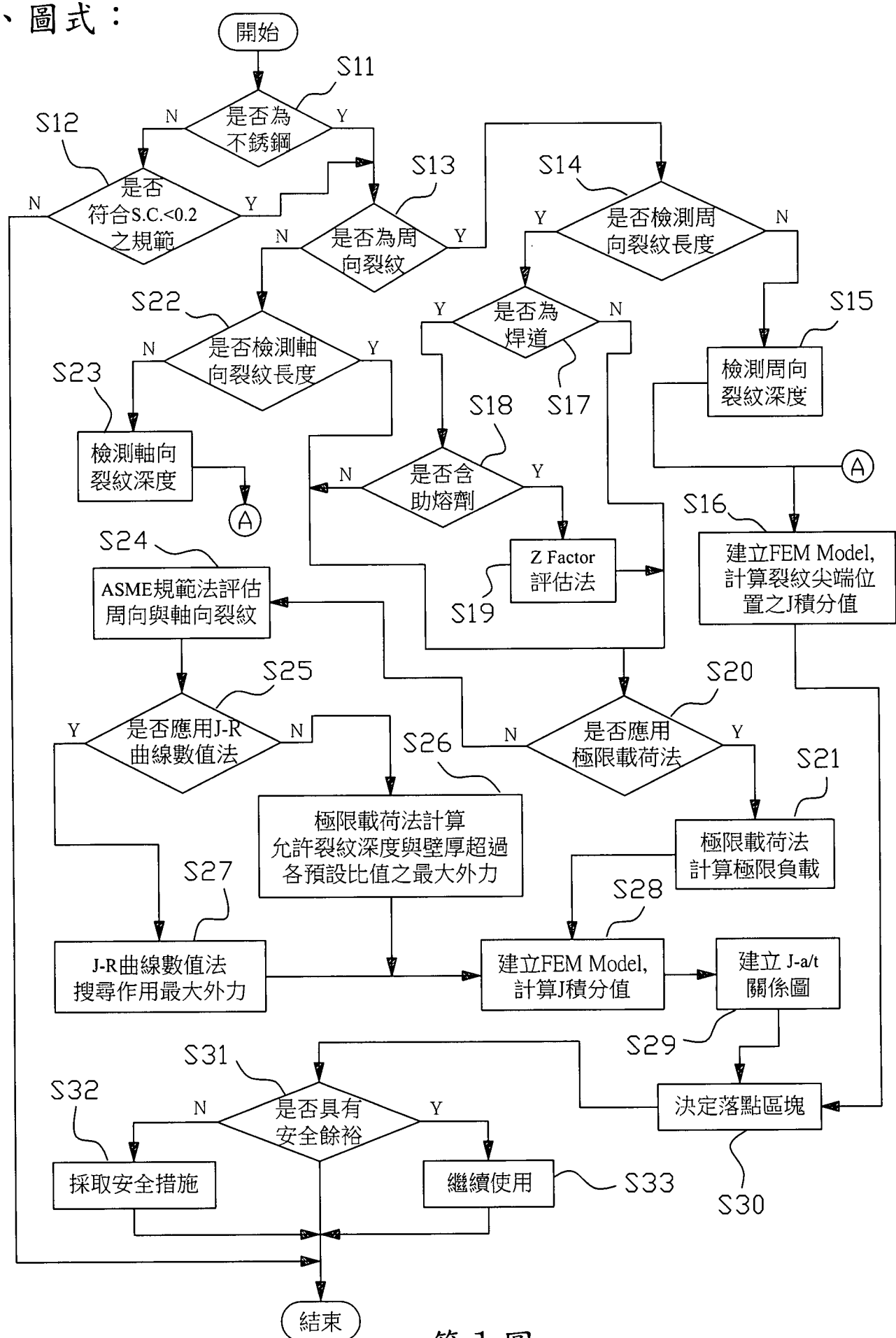
6. 如申請專利範圍第 1 項所述之含裂紋管路之彈塑性應變能釋放效率評估方法，其中該「J-R 曲線數值法搜尋作用最大外力」步驟係將裂紋長度視為 J-R 曲線數值法的輸入參數，裂紋深度的部分，依據複數不同裂紋深度與壁厚的比值(a/t)分別計算最小裂紋深度，此時各組最小的裂紋深度將各自對應最大外力，並直接擷取承受最大外力作用下之 J 積分值。

7. 如申請專利範圍第 4 或 5 或 6 項所述之含裂紋管路之彈塑性應變能釋放效率評估方法，其中該複數裂紋深度與壁厚的比值(a/t)係分別為：0.2、

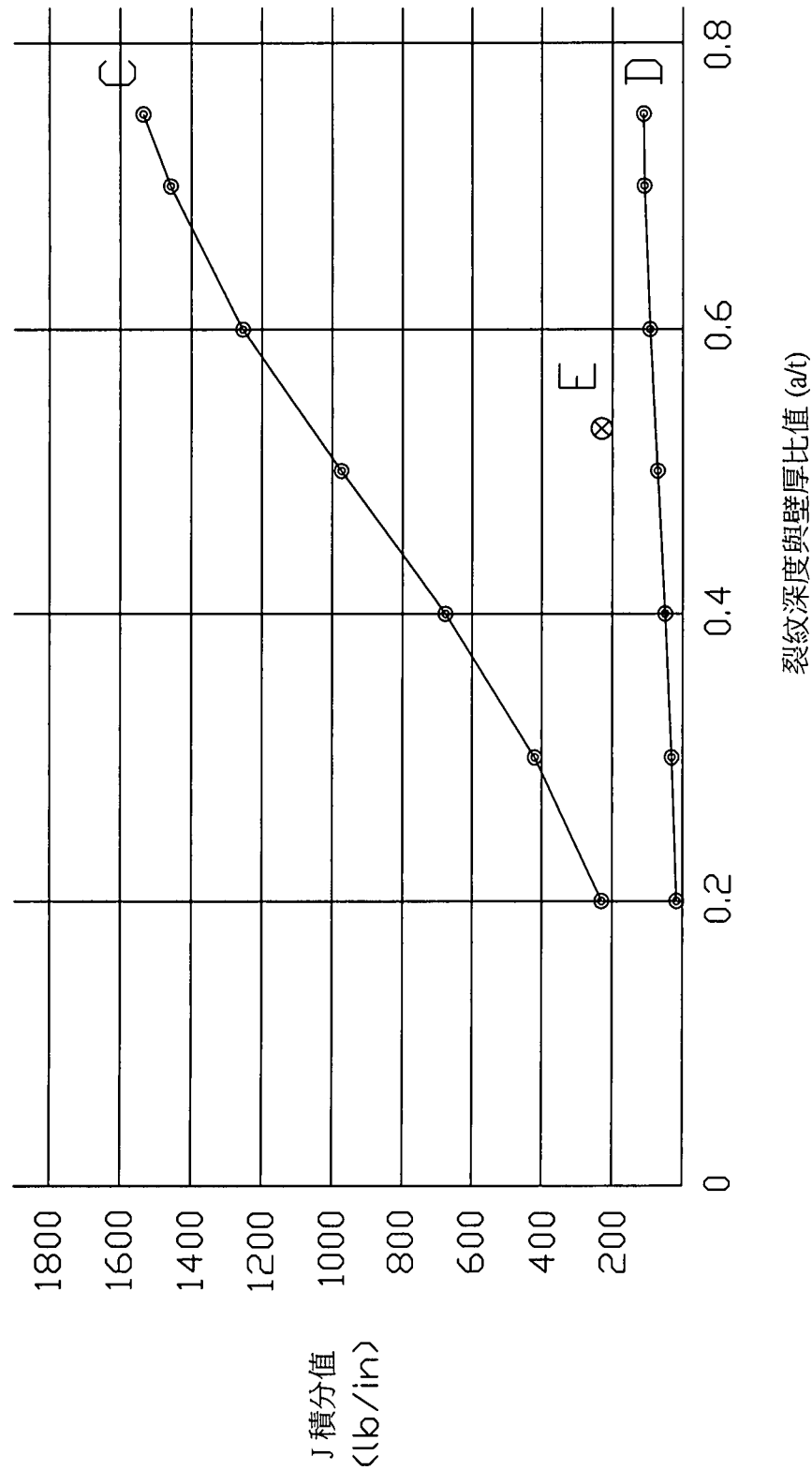
0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.75 等七組。

8. 如申請專利範圍第 4 或 5 或 6 項所述之含裂紋管路之彈塑性應變能釋放效率評估方法，其中該「建立 FEM Model，計算裂紋尖端位置之 J 積分值」步驟係將實際檢測之裂紋長度、深度與管路設計外力作為有限元素模型之輸入參數，以求得該裂紋尖端位置之 J 積分值。

八、圖式：



第 1 圖



第 2 圖