



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I586817 B

(45) 公告日：中華民國 106 (2017) 年 06 月 11 日

(21) 申請案號：101148845 (22) 申請日：中華民國 101 (2012) 年 12 月 20 日

(51) Int. Cl. : C22C38/58 (2006.01)

(30) 優先權：2011/12/20 美國 13/331,135

(71) 申請人：冶聯科技地產有限責任公司 (美國) ATI PROPERTIES, LLC (US)  
美國(72) 發明人：佛畢斯 瓊斯 羅賓 M FORBES JONES, ROBIN M. (US)；伊凡思 C 凱文  
EVANS, C. KEVIN (US)；里帕 亨利 E LIPPARD, HENRY E. (US)；邁斯 艾哲  
恩 R MILLS, ADRIAN R. (GB)；萊利 約翰 C RILEY, JOHN C. (GB)；唐 約翰  
J DUNN, JOHN J. (US)

(74) 代理人：陳長文

(56) 參考文獻：

CN 101903549A

US 5378427A

審查人員：陳依微

申請專利範圍項數：32 項 圖式數：0 共 30 頁

(54) 名稱

高強度抗腐蝕沃斯田合金

HIGH STRENGTH, CORROSION RESISTANT AUSTENITIC ALLOYS

(57) 摘要

本發明揭示一種沃斯田合金，以基於總合金重量之重量百分比計，其可通常包含：至多 0.2 碳；至多 20 錳；0.1 至 1.0 矽；14.0 至 28.0 鉻；15.0 至 38.0 鎳；2.0 至 9.0 鉬；0.1 至 3.0 銅；0.08 至 0.9 氮；0.1 至 5.0 鎢；0.5 至 5.0 鈷；至多 1.0 鈦；至多 0.05 硼；至多 0.05 磷；至多 0.05 硫；鐵；及伴隨雜質。

An austenitic alloy may generally comprise, in weight percentages based on total alloy weight: up to 0.2 carbon; up to 20 manganese; 0.1 to 1.0 silicon; 14.0 to 28.0 chromium; 15.0 to 38.0 nickel; 2.0 to 9.0 molybdenum; 0.1 to 3.0 copper; 0.08 to 0.9 nitrogen; 0.1 to 5.0 tungsten; 0.5 to 5.0 cobalt; up to 1.0 titanium; up to 0.05 boron; up to 0.05 phosphorous; up to 0.05 sulfur; iron; and incidental impurities.

發明專利說明書

中文說明書替換本(105年10月28日)(全份)

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫；惟已有申請案號者請填寫)

※申請案號：101148845

※申請日期：101年12月20日

※IPC分類：C22C 38/58 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

高強度抗腐蝕沃斯田合金/HIGH STRENGTH, CORROSION RESISTANT AUSTENITIC ALLOYS

## 二、中文發明摘要：

本發明揭示一種沃斯田合金，以基於總合金重量之重量百分比計，其可通常包含：至多 0.2 碳；至多 20 錳；0.1 至 1.0 矽；14.0 至 28.0 鉻；15.0 至 38.0 鎳；2.0 至 9.0 鉬；0.1 至 3.0 銅；0.08 至 0.9 氮；0.1 至 5.0 鎢；0.5 至 5.0 鈷；至多 1.0 鈦；至多 0.05 硼；至多 0.05 磷；至多 0.05 硫；鐵；及伴隨雜質。

## 三、英文發明摘要：

An austenitic alloy may generally comprise, in weight percentages based on total alloy weight: up to 0.2 carbon; up to 20 manganese; 0.1 to 1.0 silicon; 14.0 to 28.0 chromium; 15.0 to 38.0 nickel; 2.0 to 9.0 molybdenum; 0.1 to 3.0 copper; 0.08 to 0.9 nitrogen; 0.1 to 5.0 tungsten; 0.5 to 5.0 cobalt; up to 1.0 titanium; up to 0.05 boron; up to 0.05 phosphorous; up to 0.05 sulfur; iron; and incidental impurities.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（無）圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

無

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本揭示案係關於高強度抗腐蝕合金。本揭示案之合金可適用於(例如且不限於)化學工業、採礦工業及油氣工業。

### 【先前技術】

化學處理設施中使用之金屬合金零件可在所要求條件下與高度腐蝕性及/或侵蝕性化合物接觸。此等條件例如可使金屬合金零件經受高應力且侵襲性地促進侵蝕及腐蝕。若必須替換已損壞、損耗或腐蝕之金屬零件，則可能需要在化學處理設施處使操作完全中止一段時間。延長用於處理及輸送化學物質之設施中之金屬合金零件的適用使用壽命可藉由改良合金之機械性質及/或抗腐蝕性達成，此可降低與化學處理相關之成本。

類似地，在油氣鑽井操作中，鑽串組件可能由於機械、化學及/或環境條件而降級。鑽串組件可經受撞擊、磨損、摩擦、熱、損耗、侵蝕、腐蝕及/或沈積。用於鑽串組件之習知材料可遭受一或多種限制。舉例而言，習知材料可能缺乏足夠機械性質(例如屈服強度、拉伸強度及/或疲勞強度)、抗腐蝕性(例如抗孔蝕性及應力腐蝕破裂)及非磁性性質。另外，習知材料可限制鑽串組件之尺寸及形狀。此等限制可減短組件適用壽命，從而使油氣鑽井複雜化且使其成本增加。

因此，將有利的是提供抗腐蝕性及/或機械性質改良之新穎合金。

### 【發明內容】

根據本揭示案之一態樣，以基於總合金重量之重量百分比計，沃斯田(AUSTENITIC)合金之非限制性實施例包含：至多 0.2 碳；至多 20 錳；0.1 至 1.0 矽；14.0 至 28.0 鉻；15.0 至 38.0 鎳；2.0 至 9.0 鉬；0.1 至 3.0 銅；0.08 至 0.9 氮；0.1 至 5.0 鎢；0.5 至 5.0 鈷；至多 1.0 鈦；至多 0.05 硼；至多 0.05 磷；至多 0.05 硫；鐵；及伴隨雜質。

根據本揭示案之另一態樣，以基於總合金重量之重量百分比計，本揭示案之沃斯田合金之非限制性實施例包含：至多 0.05 碳；2.0 至 8.0 錳；0.1 至 0.5 矽；19.0 至 25.0 鉻；20.0 至 35.0 鎳；3.0 至 6.5 鉬；0.5 至 2.0 銅；0.2 至 0.5 氮；0.3 至 2.5 鎢；1.0 至 3.5 鈷；至多 0.6 鈦；不大於 0.3 組合重量百分比之鈳與鉭；至多 0.2 鈳；至多 0.1 鋁；至多 0.05 硼；至多 0.05 磷；至多 0.05 硫；鐵；及伴隨雜質；其中鋼具有至少 40 之  $PREN_{16}$  值、至少 45°C 之臨界孔蝕溫度及小於 750 之避免沈澱之靈敏度係數值 (CP)。

### 【實施方式】

應瞭解對本文所述之實施例之某些描述已經簡化以僅說明與明確瞭解所揭示之實施例相關之彼等要素、特徵

及態樣，同時為明確起見消除了其他要素、特徵及態樣。一般技藝人士在思考所揭示之實施例之本描述後將認識到其他要素及/或特徵可在所揭示之實施例之一特定實施或應用中合乎需要。然而，因為此等其他要素及/或特徵可易於由一般技藝人士在思考所揭示之實施例之本描述後確定及實施，且因此並非為完全瞭解所揭示之實施例所必需，所以本文中未提供對此等要素及/或特徵之描述。因此，應瞭解本文所述之描述僅例示及說明所揭示之實施例且不意欲限制如僅由申請專利範圍所界定之本發明之範疇。

另外，本文中所述之任何數值範圍皆意欲包括其中包含之所有子範圍。舉例而言，範圍「1 至 10」意欲包括介於(且包括)所述最小值 1 與所述最大值 10 之間的所有子範圍，亦即具有等於或大於 1 之最小值及等於或小於 10 之最大值。本文中所述之任何最大數值限制皆意欲包括其中包含之所有較小數值限制且本文中所述之任何最小數值限制皆包括其中包含之所有較大數值限制。因此，申請人保留修正本揭示案，包括申請專利範圍之權利以明確敘述本文中明確所述之範圍內包含的任何子範圍。所有此等範圍皆意欲固有地揭示於本文中以使明確敘述任何此等子範圍之修正將符合美國法典第 35 篇 112 條第一段落及美國法典第 35 篇 132 條(a)款之要求。

除非另外指示，否則如本文所用之語法冠詞「一個(種) (one/a/an)」及「該」意欲包括「至少一個(種)」或「一

或多個(種)」。因此，冠詞在本文中用於代表冠詞之一個或一個以上(亦即至少一個)語法對象。舉例而言，「一個組分」意謂一或多個組分，且因此可能一個以上組分經涵蓋且可在所述實施例之實施中採用或使用。

除非另外指示，否則所有百分比及比率皆基於合金組成之總重量加以計算。

稱為全部或部分以引用的方式併入本文中之任何專利、公開案或其他揭示材料僅以所併入之材料不與本揭示案中所述之現存定義、陳述或其他揭示材料相抵觸之程度併入本文中。因此且在必要程度上，如本文中所述之揭示內容優先於以引用的方式併入本文中之任何抵觸材料。稱為以引用的方式併入本文中，但與本文中所述之現存定義、陳述或其他揭示材料相抵觸之任何材料或其部分皆僅以在所併入材料與現存揭示材料之間不產生抵觸之程度併入。

本揭示案包括對各種實施例之描述。應瞭解本文所述之所有實施例皆為示範性的、說明性的及非限制性的。因此，本發明不受限於對各種示範性、說明性及非限制性實施例之描述。更確切而言，本發明僅由申請專利範圍界定，該等申請專利範圍可經修正以敘述本揭示案中明確或固有地描述或另外由本揭示案明確或固有地支持的任何特徵。

化學處理、採礦及/或油氣應用中使用之習知合金可缺乏抗腐蝕性之最佳程度及/或一或多種機械性質之最佳

程度。本文所述之合金之各種實施例可具有超過習知合金之某些優勢，包括(但不限於)抗腐蝕性及/或機械性質改良。舉例而言，某些實施例可展現改良之機械性質，而抗腐蝕性無任何降低。某些實施例相對於習知合金可展現改良之撞擊性質、可焊接性、抗腐蝕疲勞性、抗磨蝕性及/或抗氫脆性。

在各種實施例中，本文所述之合金可具有適用於所要求應用中之實質性抗腐蝕性及/或有利機械性質。不希望束縛於任何特定理論，咸信本文所述之合金可由於對由變形所致之應變硬化之反應改良而展現較高拉伸強度，同時亦保留較高抗腐蝕性。應變硬化或冷加工可用於使通常對熱處理反應不佳之材料硬化。然而，熟習此項技術者應瞭解冷加工結構之準確性質可取決於材料、應變、應變速率及/或變形溫度。不希望束縛於任何特定理論，咸信使具有本文所述之組成之合金應變硬化可較有效地產生相較於某些習知合金展現改良之抗腐蝕性及/或機械性質的合金。

根據各種非限制性實施例，本揭示案之沃斯田合金可包含以下、基本上由以下組成、或由以下組成：鉻、鈷、銅、鐵、錳、鉬、鎳、碳、氮及鎢，且可(但無需)包括鋁、矽、鈦、硼、磷、硫、銱(亦即鈎)、鉭、鈮、釩及銨之一或多者作為痕量元素或伴隨雜質。

另外，根據各種實施例，以基於總合金重量之重量百分比計，本揭示案之沃斯田合金可包含以下、基本上由

以下組成、或由以下組成：至多 0.2 碳、至多 20 錳、0.1 至 1.0 矽、14.0 至 28.0 鉻、15.0 至 38.0 鎳、2.0 至 9.0 鉬、0.1 至 3.0 銅、0.08 至 0.9 氮、0.1 至 5.0 鎢、0.5 至 5.0 鈷、至多 1.0 鈦、至多 0.05 硼、至多 0.05 磷、至多 0.05 硫，鐵，及伴隨雜質。

此外，根據各種非限制性實施例，以基於總合金重量之重量百分比計，本揭示案之沃斯田合金可包含以下、基本上由以下組成、或由以下組成：至多 0.05 碳、1.0 至 9.0 錳、0.1 至 1.0 矽、18.0 至 26.0 鉻、19.0 至 37.0 鎳、3.0 至 7.0 鉬、0.4 至 2.5 銅、0.1 至 0.55 氮、0.2 至 3.0 鎢、0.8 至 3.5 鈷、至多 0.6 鈦、不大於 0.3 組合重量百分比之鈷與鉍、至多 0.2 鈳、至多 0.1 鋁、至多 0.05 硼、至多 0.05 磷、至多 0.05 硫、鐵及伴隨雜質。

另外，根據各種非限制性實施例，以基於總合金重量之重量百分比計，本揭示案之沃斯田合金可包含以下、基本上由以下組成、或由以下組成：至多 0.05 碳、2.0 至 8.0 錳、0.1 至 0.5 矽、19.0 至 25.0 鉻、20.0 至 35.0 鎳、3.0 至 6.5 鉬、0.5 至 2.0 銅、0.2 至 0.5 氮、0.3 至 2.5 鎢、1.0 至 3.5 鈷、至多 0.6 鈦、不大於 0.3 組合重量百分比之鈷與鉍、至多 0.2 鈳、至多 0.1 鋁、至多 0.05 硼、至多 0.05 磷、至多 0.05 硫、鐵及伴隨雜質。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金可以任何以下重量百分比範圍包含碳：至多 2.0；至多 0.8；至多 0.2；至多 0.08；至多 0.05；至多 0.03；0.005 至 2.0；0.01

至 2.0；0.01 至 1.0；0.01 至 0.8；0.01 至 0.08；0.01 至 0.05；及 0.005 至 0.01。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金可以任何以下重量百分比範圍包含錳：至多 20.0；至多 10.0；1.0 至 20.0；1.0 至 10；1.0 至 9.0；2.0 至 8.0；2.0 至 7.0；2.0 至 6.0；3.5 至 6.5；及 4.0 至 6.0。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金可以任何以下重量百分比範圍包含矽：至多 1.0；0.1 至 1.0；0.5 至 1.0；及 0.1 至 0.5。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金可以任何以下重量百分比範圍包含鉻：14.0 至 28.0；16.0 至 25.0；18.0 至 26；19.0 至 25.0；20.0 至 24.0；20.0 至 22.0；21.0 至 23.0；及 17.0 至 21.0。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金可以任何以下重量百分比範圍包含鎳：15.0 至 38.0；19.0 至 37.0；20.0 至 35.0；及 21.0 至 32.0。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金可以任何以下重量百分比範圍包含鉬：2.0 至 9.0；3.0 至 7.0；3.0 至 6.5；5.5 至 6.5；及 6.0 至 6.5。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金可以任何以下重量百分比範圍包含銅：0.1 至 3.0；0.4 至 2.5；0.5 至 2.0；及 1.0 至 1.5。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金可以任何以下重量百分比範圍包含氮：0.08 至 0.9；0.08 至 0.3；

0.1 至 0.55；0.2 至 0.5；及 0.2 至 0.3。在某些實施例中，氮可限於 0.35 重量百分比或 0.3 重量百分比以解決其在合金中之有限溶解性。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金可以任何以下重量百分比範圍包含鎢：0.1 至 5.0；0.1 至 1.0；0.2 至 3.0；0.2 至 0.8；及 0.3 至 2.5。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金可以任何以下重量百分比範圍包含鈷：至多 5.0；0.5 至 5.0；0.5 至 1.0；0.8 至 3.5；1.0 至 4.0；1.0 至 3.5；及 1.0 至 3.0。在某些實施例中，鈷出乎意料地改良合金之機械性質。舉例而言，在合金之某些實施例中，添加鈷可提供至多 20% 之韌度增加、至多 20% 之伸長率增加、及/或抗腐蝕性改良。不希望束縛於任何特定理論，咸信相對於在熱加工之後在晶粒邊界展現較高  $\sigma$  相程度之不含鈷之變異體，鈷可增大對合金中有害  $\sigma$  相沈澱之抗性。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金可包含之鈷/鎢重量百分比比率為 2:1 至 5:1 或 2:1 至 4:1。在某些實施例中，舉例而言，鈷/鎢重量百分比比率可為約 4:1。使用鈷及鎢可賦予合金以改良之固溶強化。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金可以任何以下重量百分比範圍包含鈦：至多 1.0；至多 0.6；至多 0.1；至多 0.01；0.005 至 1.0；及 0.1 至 0.6。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金可以任何以下重量百分比範圍包含鋁：至多 1.0；至多 0.6；至多

0.1；至多 0.01；0.005 至 1.0；及 0.1 至 0.6。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金可以任何以下重量百分比範圍包含鈦(鈦)及/或鉭：至多 1.0；至多 0.5；至多 0.3；0.01 至 1.0；0.01 至 0.5；0.01 至 0.1；及 0.1 至 0.5。在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金可以任何以下範圍包含組合重量百分比之鈦與鉭：至多 1.0；至多 0.5；至多 0.3；0.01 至 1.0；0.01 至 0.5；0.01 至 0.1；及 0.1 至 0.5。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金可以任何以下重量百分比範圍包含鈳：至多 1.0；至多 0.5；至多 0.2；0.01 至 1.0；0.01 至 0.5；0.05 至 0.2；及 0.1 至 0.5。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金可以任何以下重量百分比範圍包含鋁：至多 1.0；至多 0.5；至多 0.1；至多 0.01；0.01 至 1.0；0.1 至 0.5；及 0.05 至 0.1。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金可以任何以下重量百分比範圍包含硼：至多 0.05；至多 0.01；至多 0.008；至多 0.001；至多 0.0005。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金可以任何以下重量百分比範圍包含磷：至多 0.05；至多 0.025；至多 0.01；及至多 0.005。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金可以任何以下重量百分比範圍包含硫：至多 0.05；至多 0.025；至多 0.01；及至多 0.005。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金之其餘部

分可包含鐵及伴隨雜質。在各種實施例中，合金可以任何以下重量百分比範圍包含鐵：至多 60；至多 50；20 至 60；20 至 50；20 至 45；35 至 45；30 至 50；40 至 60；40 至 50；40 至 45；及 50 至 60。

在本揭示案之合金之某些非限制性實施例中，合金可包括一或多種痕量元素。如本文所用，「痕量元素」係指可由於原材料之組成及/或所用熔融方法而存在於合金中且不以不顯著負面影響合金之重要性質(如本文一般描述之彼等性質)之濃度存在的元素。痕量元素可包括例如呈任何本文所述之濃度之鈦、鋳、鈳(鈮)、鉭、釩、鋁及硼中一或多者。在某些非限制性實施例中，痕量元素可不存在於本揭示案之合金中。如此項技術中所知，在產生合金時，痕量元素通常可藉由選擇特定起始材料及/或使用特定處理技術來大部分或完全消除。在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金可以任何以下重量百分比範圍包含一定總濃度之痕量元素：至多 5.0；至多 1.0；至多 0.5；至多 0.1；0.1 至 5.0；0.1 至 1.0；及 0.1 至 0.5。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金可以任何以下重量百分比範圍包含一定總濃度之伴隨雜質：至多 5.0；至多 1.0；至多 0.5；至多 0.1；0.1 至 5.0；0.1 至 1.0；及 0.1 至 0.5。如本文一般所用，術語「伴隨雜質」係指可以較小濃度存在於合金中之鈹、鈣、銻、鐳、鉛、氧、磷、鈺、銀、硒、硫、碲、錫及鋳之一或多者。在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金中之個別伴隨

雜質不超過以下最大重量百分比：0.0005 鈹；0.1 鈣；0.1 鈾；0.1 釧；0.001 鉛；0.01 錫；0.01 氧；0.5 鈉；0.0005 銀；0.0005 硒；及 0.0005 碲。在各種非限制性實施例中，存在於合金中之任何鈾及/或釧與鈣之組合重量百分比可至多 0.1。在各種非限制性實施例中，存在於合金中之任何鈾及/或釧之組合重量百分比可至多 0.1。可作為伴隨雜質存在於本文所述之合金中之其他元素將為一般技藝人士顯而易知。在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金可以任何以下重量百分比範圍包括一定總濃度之痕量元素與伴隨雜質：至多 10.0；至多 5.0；至多 1.0；至多 0.5；至多 0.1；0.1 至 10.0；0.1 至 5.0；0.1 至 1.0；及 0.1 至 0.5。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之沃斯田合金可為非磁性的。此特徵可有助於使用非磁性性質為重要之合金，包括例如在某些油氣鑽串組件應用中加以使用。本文所述之沃斯田合金之某些非限制性實施例之特徵可在於磁導率值 ( $\mu r$ ) 在特定範圍內。在各種實施例中，本揭示案之合金之磁導率值可小於 1.01、小於 1.005、及/或小於 1.001。在各種實施例中，合金可實質上不含亞鐵酸鹽。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之沃斯田合金之特徵可在於抗孔蝕性當量數值 (PREN) 在特定範圍內。如所瞭解，PREN 將相對值歸於合金在含氯化物環境中之預期抗孔蝕性。一般而言，預期 PREN 較高之合金比 PREN

較低之合金具有更佳抗腐蝕性。一種特定 PREN 計算使用下式提供  $PREN_{16}$  值，其中百分比為以合金重量計之重量百分比：

$$PREN_{16} = \%Cr + 3.3(\%Mo) + 16(\%N) + 1.65(\%W)$$

在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金具有之  $PREN_{16}$  值可在任何以下範圍內：至多 60；至多 58；大於 30；大於 40；大於 45；大於 48；30 至 60；30 至 58；30 至 50；40 至 60；40 至 58；40 至 50；及 48 至 51。不希望束縛於任何特定理論，威信較高  $PREN_{16}$  值可指示合金將在諸如高度腐蝕性環境、高溫環境及低溫環境之環境中展現足夠抗腐蝕性之可能性較高。侵襲性腐蝕性環境可存在於例如化學處理設備及在油氣鑽井應用中鑽串所經受之井下環境(down-hole environment)中。侵襲性腐蝕性環境可使合金經受例如鹼性化合物、酸化氯化物溶液、酸化硫化物溶液、過氧化物及/或  $CO_2$  以及極端溫度。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之沃斯田合金之特徵可在於避免沈澱之靈敏度係數值(CP)在特定範圍內。CP 值描述於例如題為「Austenitic Stainless Steel Having High Properties」之美國專利第 5,494,636 號中。CP 值為合金中金屬間相之沈澱動力學之相對示值。可使用下式計算 CP 值，其中百分比為以合金重量計之重量百分比：

$$CP = 20(\%Cr) + 0.3(\%Ni) + 30(\%Mo) + 5(\%W) + 10(\%Mn)$$

+ 50(%C) - 200(%N)

不希望束縛於任何特定理論，咸信 CP 值小於 710 之合金將展現有利沃斯田穩定性，其有助於使在焊接期間來自金屬間相之 HAZ(熱影響區域)敏化最小化。在各種非限制性實施例中，本文所述之合金具有之 CP 可在任何以下範圍內：至多 800；至多 750；小於 750；至多 710；小於 710；至多 680；及 660-750。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之沃斯田合金之特徵可在於臨界孔蝕溫度(CPT)及/或臨界裂隙腐蝕溫度(CCCT)在特定範圍內。在某些應用中，CPT 及 CCCT 值可比合金之 PREN 值更準確指示合金之抗腐蝕性。可根據題為「Standard Test Methods for Pitting and Crevice Corrosion Resistance of Stainless Steels and Related Alloys by Use of Ferric Chloride Solution」之 ASTM G48-11 量測 CPT 及 CCCT。在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金之 CPT 可為至少 45°C，或更佳為至少 50°C，且 CCCT 可為至少 25°C，或更佳為至少 30°C。

在各種非限制性實施例中，本揭示案之沃斯田合金之特徵可在於氯化物應力腐蝕破裂抗性(SCC)值在特定範圍內。SCC 值描述於例如 A. J. Sedricks, 「Corrosion of Stainless Steels」(J. Wiley and Sons 1979)中。在各種非限制性實施例中，本揭示案之合金之 SCC 值可根據以下一或多者量測或加以特定應用：題為「Standard Practice for Making and Using U-Bend Stress-Corrosion Test

Specimens」之 ASTM G30-97 (2009)；題為「Standard Practice for Evaluating Stress-Corrosion-Cracking Resistance of Metals and Alloys in a Boiling Magnesium Chloride Solution」之 ASTM G36-94 (2006)；ASTM G39-99 (2011)，「Standard Practice for Preparation and Use of Bent-Beam Stress-Corrosion Test Specimens」；ASTM G49-85 (2011)，「Standard Practice for Preparation and Use of Direct Tension Stress-Corrosion Test Specimens」；及 ASTM G123-00 (2011)，「Standard Test Method for Evaluating Stress-Corrosion Cracking of Stainless Alloys with Different Nickel Content in Boiling Acidified Sodium Chloride Solution」。在各種非限制性實施例中，按照 ASTM G123-00 (2011)之評估，本揭示案之合金之 SCC 值足夠高以指示合金宜可耐受沸騰酸化氯化鈉溶液 1000 小時而不經歷不可接受之應力腐蝕破裂。

本文所述之合金可製造成各種製品或包括在各種製品中。此等製品可包含(例如且不加限制地)本揭示案之沃斯田合金，以基於總合金重量之重量百分比計，其包含以下、基本上由以下組成、或由以下組成：至多 0.2 碳；至多 20 錳；0.1 至 1.0 矽；14.0 至 28.0 鉻；15.0 至 38.0 鎳；2.0 至 9.0 鉬；0.1 至 3.0 銅；0.08 至 0.9 氮；0.1 至 5.0 鎢；0.5 至 5.0 鈷；至多 1.0 鈦；至多 0.05 硼；至多 0.05 磷；至多 0.05 硫；鐵；及伴隨雜質。可包括本揭示案之合金之製品可選自例如用於化學工業、石化工業、

採礦工業、石油工業、煤氣工業、紙張工業、食品加工工業、醫藥工業及/或供水工業中之零件及組件。可包括本揭示案之合金之特定製品的非限制性實例包括：管；薄片；板；棒；桿；鍛件；槽；管線組件；意欲與化學物質、氣體、粗油、海水、給水及/或腐蝕性流體(例如鹼性化合物、酸化氯化物溶液、酸化硫化物溶液及/或過氧化物)一起使用之管道、冷凝器及熱交換器；紙漿漂白工廠中之洗滌器、大桶及壓輥；用於核發電廠及發電廠煙道氣滌氣器環境之給水管道系統；用於海上油氣平台之製程系統之組件；氣井組件，包括管、閥、吊架、短座管、工具接頭及填塞器；渦輪引擎組件；脫鹽組件及泵；松油蒸餾塔及填料；用於海環境之物品，諸如變壓器箱；閥；軸；凸緣；反應器；收集器；分離器；交換器；泵；壓縮機；緊固件；可撓連接器；風箱；煙囪襯套；煙道襯套；及某些鑽串組件，諸如穩定器、旋轉可操縱鑽井組件、鑽銼、整體式翼片穩定器、穩定器心軸、鑽井及量測管、隨鑽量測外罩

(measurements-while-drilling housing)、隨鑽測井外罩、非磁性鑽銼、非磁性鑽管、整體式翼片非磁性穩定器、非磁性撓性鑽銼及壓縮供給鑽管。

本揭示案之合金可在回顧本揭示案中所述之合金之組成後根據一般技藝人士已知之技術製造。舉例而言，一種產生本揭示案之沃斯田合金之方法可通常包括：提供具有本揭示案中所述之任何組成之沃斯田合金；及使該

合金應變硬化。在該方法之各種非限制性實施例中，以重量百分比計，沃斯田合金包含以下、基本上由以下組成、或由以下組成：至多 0.2 碳；至多 20 錳；0.1 至 1.0 矽；14.0 至 28.0 鉻；15.0 至 38.0 鎳；2.0 至 9.0 鉬；0.1 至 3.0 銅；0.08 至 0.9 氮；0.1 至 5.0 鎢；0.5 至 5.0 鈷；至多 1.0 鈦；至多 0.05 硼；至多 0.05 磷；至多 0.05 硫；鐵；及伴隨雜質。在此方法之各種非限制性實施例中，使合金應變硬化可藉由使用輾滾、鍛造、刺穿、擠壓、珠粒噴擊、敲擊及/或彎曲合金之一或多者使合金變形來以習知方式進行。在各種非限制性實施例中，應變硬化可包含冷加工合金。

提供具有本揭示案中所述之任何組成之沃斯田合金的步驟可包含此項技術中已知用於產生金屬合金之任何適合習知技術，諸如熔融實踐及粉末冶金實踐。習知熔融實踐之非限制性實例包括(不限於)利用可消耗熔融技術(例如真空電弧再熔融(VAR)及電渣再熔融(ESR))、非可消耗熔融技術(例如電漿冷膛熔融及電子束冷膛熔融)及兩種或兩種以上此等技術之組合的實踐。如此項技術中所知，用於製備合金之某些粉末冶金實踐通常涉及藉由以下步驟產生粉末合金：AOD、VOD 或真空感應熔融成分以提供具有所要組成之熔融物；使用習知霧化技術使該熔融物霧化以提供粉末合金；及擠壓並燒結該粉末合金之全部或一部分。在一種習知霧化技術中，使熔融物之流與霧化器之旋轉刀接觸，此將該流打碎成小滴。小滴

可在真空或惰性氣體氛圍中快速固化，從而提供小固體合金粒子。

無論使用熔融實踐抑或粉末冶金實踐製備合金，用於產生合金之成分(其可包括例如純基本起始材料、主要合金、半精製材料及/或碎片)皆可以習知方式以所要量及比率組合，且引入所選熔融裝置中。經由適當選擇饋入材料，痕量元素及/或伴隨雜質可保持在可接受含量以獲得最終合金之所要機械性質或其他性質。可小心控制形成熔融物之各粗成分之選擇及添加方式，此係因為此等添加對成品形式之合金的性質具有影響之故。另外，此項技術中已知之精製技術可用於減少或消除不合需要之元素及/或夾雜物在合金中之存在。當熔融時，可經由習知熔融及處理技術使材料固結成通常均質之形式。

本文所述之沃斯田鋼合金之各種實施例相對於習知合金可具有改良之抗腐蝕性及/或機械性質。某些合金實施例可具有與 DATALLOY 2<sup>®</sup>合金及/或 AL-6XN<sup>®</sup>合金較大相當或優於其之極限拉伸強度、屈服強度、伸長百分比及/或硬度。另外，某些合金實施例可具有與 DATALLOY 2<sup>®</sup>合金及/或 AL-6XN<sup>®</sup>合金相當或大於其之 PREN、CP、CPT、CCCT 及/或 SCC 值。此外，某些合金實施例相對於 DATALLOY 2<sup>®</sup>合金及/或 AL-6XN<sup>®</sup>合金可具有改良之疲勞強度、微結構穩定性、韌度、熱破裂抗性、孔蝕、電流腐蝕、SCC、可加工性及/或抗磨蝕性。如一般技藝人士所知，DATALLOY 2<sup>®</sup>合金為一種以重量百分比計具有以下

標稱組成之 Cr-Mn-N 不銹鋼：0.03 碳；0.30 矽；15.1 錳；15.3 鉻；2.1 鉬；2.3 鎳；0.4 氮；其餘部分為鐵及雜質。亦如一般技藝人士所知，AL-6XN<sup>®</sup>合金 (UNS N08367) 為一種以重量百分比計具有以下典型組成之超級沃斯田不銹鋼：0.02 碳；0.40 錳；0.020 磷；0.001 硫；20.5 鉻；24.0 鎳；6.2 鉬；0.22 氮；0.2 銅；其餘部分為鐵。DATALLOY 2<sup>®</sup>合金及 AL-6XN<sup>®</sup>合金可自 Allegheny Technologies Incorporated, Pittsburgh, PA USA 獲得。

在某些非限制性實施例中，本揭示案之合金在室溫下展現至少 110 ksi 之極限拉伸強度、至少 50 ksi 之屈服強度及/或至少 15%之伸長百分比。在各種其他非限制性實施例中，本揭示案之合金在退火狀態下在室溫下展現在 90 ksi 至 150 ksi 之範圍內的極限拉伸強度、在 50 ksi 至 120 ksi 之範圍內的屈服強度及/或在 20%至 65%之範圍內的伸長百分比。在各種非限制性實施例中，在使合金應變硬化之後，合金展現至少 155 ksi 之極限拉伸強度、至少 100 ksi 之屈服強度及/或至少 15%之伸長百分比。在某些其他非限制性實施例中，在使合金應變硬化之後，合金展現在 100 ksi 至 240 ksi 之範圍內的極限拉伸、在 110 ksi 至 220 ksi 之範圍內的屈服強度及/或在 15%至 30%之範圍內的伸長百分比。在其他非限制性實施例中，在使本揭示案之合金應變硬化之後，合金展現至多 250 ksi 之屈服強度及/或至多 300 ksi 之極限拉伸強度。

#### 實例

當結合一或多個以下代表性實例閱讀時，可更佳地理解本文所述之各種實施例。出於說明而非限制目的包括以下實例。

藉由 VIM 製備具有表 1 中所列之組成之若干 300 磅熱溶物，其中空白指示未測定元素之值。熱溶物編號 WT-76 至 WT-81 表示本揭示案之合金之非限制性實施例。熱溶物編號 WT-82、90FE-T1 及 90FE-B1 表示 DATALLOY 2® 合金之實施例。熱溶物編號 WT-83 表示 AL-6XN® 合金之一個實施例。將熱溶物澆鑄成鑄錠，且鑄錠樣品用於確定鑄錠開坯 (ingot break-down) 之適合加工範圍。鑄錠在 2150°F 下在適合再加熱下鍛造以由各熱溶物獲得 2.75 吋乘 1.75 吋矩形棒。

自由若干熱溶物製造之矩形棒獲取長約 6 吋之區段且鍛造以減小約 20% 至 35% 來使區段應變硬化。對經應變硬化之區段進行拉伸測試以測定機械性質，其列於表 2 中。使用標準拉伸測試程序進行拉伸及磁導率測試。使用 ASTM G48-11, 「Standard Test Methods for Pitting and Crevice Corrosion Resistance of Stainless Steels and Related Alloys by Use of Ferric Chloride Solution」之實踐 C 的程序評估各區段之抗腐蝕性。亦使用以上提供之  $PREN_{16}$  公式估計抗腐蝕性。表 2 提供鍛造區段所處之溫度。如表 2 中所指示，對各樣品進行重複測試。表 2 亦列出在各區段之鍛造步驟中達成之區段厚度減小百分比 (「變形%」)。初始在鍛造之前 (0% 變形) 在室溫 (「RT」)

下評估各測試區段之機械性質。

如表 1 中所示，熱溶物編號 WT-76 至 WT-81 相對於熱溶物編號 WT-82 具有較高  $PREN_{16}$  值及 CP 值，且相對於熱溶物編號 90FE-T1 及 90FE-B1 具有改良之 CP 值。參見表 2，用熱溶物編號 WT-80 及 WT-81 製得之含鈷合金之延展性出乎意料地顯著優於用熱溶物編號 WT-76 及 WT-77 製得之合金(其通常為缺乏鈷之相應合金)的量測延展性。此觀測結果表明在本揭示案之合金中包括鈷存在優勢。如上所論述，不希望束縛於任何特定理論，咸信鈷可增加對合金中有害  $\sigma$  相沈澱之抗性，藉此改良延展性。表 2 中之資料亦指示向熱溶物編號 WT-83 中添加錳使變形之後的強度增加。當使用習用於量測 DATALLOY 2<sup>®</sup> 合金之磁導率之測試程序評估時，所有實驗合金皆為非磁性的(具有約 1.001 之磁導率)。

本說明書已關於各種非限制性及非窮舉性實施例加以書寫。然而，一般技藝人士應認識到可在本說明書之範疇內對任何所揭示之實施例(或其部分)進行各種替代、修改或組合。因此，應預期及瞭解，本說明書支持未在本文中明確闡述之其他實施例。此等實施例可例如藉由組合、修改或重組本說明書中所述之各種非限制性及實施例之任何所揭示步驟、組分、要素、特徵、態樣、特徵、限制及其類似因素來獲得。以此方式，申請人保留在審查期間修正申請專利範圍以添加如本說明書中以各種方式描述之特徵之權利，且此等修正符合美國法典第 35 篇 112 條第一段落及美國法典第 35 篇 132 條(a)款之要求。

表 1

元素	熱熔物 WT-76	熱熔物 WT-77	熱熔物 WT-78	熱熔物 WT-79	熱熔物 WT-80	熱熔物 WT-81	熱熔物 WT-82	熱熔物 WT-83	熱熔物 90FE-T1	熱熔物 90FE-B1
C	0.012	0.011	0.011	0.011	0.007	0.012	0.020	0.016	0.028	0.280
Mn	5.75	3.94	4.04	2.00	6.09	4.05	14.94	0.61	14.97	14.92
Si	0.33	0.31	0.03	0.32	0.23	0.30	0.15	0.32	0.16	0.16
Cr	22.78	22.37	22.83	22.99	20.32	21.98	14.96	21.38	15.03	14.98
Mo	6.38	6.46	6.36	6.30	6.64	6.45	2.17	6.63	2.10	2.10
Co	0.04	0.04	0.04	0.04	2.03	2.00	<0.01	0.05	0.02	0.02
Ti	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Al	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Fe	41.27	41.33	40.87	40.70	42.32	41.44	65.28	45.30	65.22	65.32
Cu	1.20	1.19	1.17	1.17	1.16	1.19	0.02	0.20	0.1	0.1
Ni	21.63	24.07	23.92	26.09	20.72	21.20	2.43	25.34	2.28	2.28
Nb	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	<0.01	0.01	0.03	0.03
Ta	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		0.01		
W	0.63	0.65	0.62	0.64	0.60	0.63	0.02	0.10	<0.01	<0.01
V	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	<0.01	0.04	0.05	0.05
B	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		0.00	0.0013	0.003	<0.001
N	0.312	0.296	0.326	0.284	0.322	0.338	0.396	0.218	0.404	0.420
P	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.003	0.004	0.018	0.018
Zr	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01				
O	0.0087									
Ca	<10 ppm	<10 ppm	<10 ppm	<10 ppm	<10 ppm					

S	0.0048	0.0048	0.0053	0.0022	0.0028	0.0060	0.0096	0.0024	0.0003	<0.0003
La										
Ru										
PREN <sub>16</sub>	50	50	50	49	48	50	28	47		
CP	726	706	698	696	685	690	462	674		

表 2

熱熔物 編號	溫度 (°F)	變形 (%)	UTS (ksi)	YS (ksi)	EI (%)	RA (%)
WT-76	RT	0	135.0	66.3	39	40
			138.6	71.8	37	40
	1200	20	183.9	158.4	16	33
			178.7	153.2	16	35
	1075	21	185.3	160.5	12	32
			185.7	160.5	14	33
		24	183.0	157.1	14	31
			188.9	164.8	15	31
WT-77	RT	0	117.4	52.2	55	61
			116.5	52.6	56	61
	1200	26	164.9	140.1	23	49
			162.3	38.3	23	52
	1075	29	162.3	137.1	23	56
			164.6	139.8	21	53
		30	165.9	141.6	20	53
			169.7	144.4	18	45
WT-80	RT	0	119.9	58.4	56	68
			119.5	57.9	56	72
	1200	26	164.8	140.2	25	61
			165.3	139.8	23	55
	1075	29	165.2	141.8	20	55
			166.1	143.9	20	53
		28	165.6	142.2	23	60
			168.1	145.2	21	53
WT-81	RT	0	116.9	53.7	62	74
			117.4	53.4	64	72
	1200	25	157.9	133.3	29	68
			162.2	136.9	27	65
	1075	31	68.3	144.3	24	63
			164.0	139.2	26	67
		30	168.5	145.2	25	60
			168.1	143.6	25	64
WT-82	RT	0	110.0	56.4	69	78
			109.2	54.2	68	76
	1200	24	144.5	120.5	36	69
			142.8	118.5	37	69

熱熔物 編號	溫度 (°F)	變形 (%)	UTS (ksi)	YS (ksi)	EI (%)	RA (%)
	1075	30	147.1 144.8	123.8 122.4	35 36	69 71
		35	149.0 147.9	126.4 123.2	35 36	66 70
90FE	RT	0	113.2 112.9	59.6 60.3	66 67	75 78
	1200	26	152.3 150.7	130.1 126.4	36 37	71 72
	1075	30	154.3	131.9	32	71
		35	154.0 154.6	131.5 133.0	34 33	71 71
WT-83	RT	0	112.8 112.2	49.6 48.9	56 59	73 77
	1200	27	153.0 153.5	131.1 130.9	27 26	69 67
	1075	31	152.8	130.5	23	71
		23	150.8 150.8	127.1 127.7	23 23	70 70

**【圖式簡單說明】**

無

**【主要元件符號說明】**

無

## 七、申請專利範圍：

1. 一種沃斯田合金，以重量百分比計，其包含：至多 0.2 碳；至多 20 錳；0.1 至 1.0 矽；14.0 至 28.0 鉻；15.0 至 38.0 鎳；2.0 至 9.0 鉬；0.1 至 3.0 銅；0.08 至 0.9 氮；0.1 至 5.0 鎢；0.5 至 5.0 鈷；至多 1.0 鈦；至多 0.05 硼；至多 0.05 磷；至多 0.05 硫；鐵；及伴隨雜質。
2. 如請求項 1 之合金，其進一步包含鈳與鉭至少之一者，其中鈳與鉭之組合重量百分比至多為 0.3。
3. 如請求項 1 之合金，其進一步包含至多 0.2 重量百分比之釩。
4. 如請求項 1 之合金，其進一步包含至多 0.1 重量百分比之鋁。
5. 如請求項 1 之合金，其進一步包含鈾與釷至少之一者，其中鈾與釷之組合重量百分比係不大於 0.1。
6. 如請求項 1 之合金，其進一步包含至多 0.5 重量百分比之鈦。
7. 如請求項 1 之合金，其進一步包含至多 0.6 重量百分比之鋳。
8. 如請求項 1 之合金，其中該鐵至多 60 重量百分比。
9. 如請求項 1 之合金，以重量百分比計，其包含 2:1 至 4:1 之鈷/鎢比率。
10. 如請求項 1 之合金，其  $PREN_{16}$  值大於 40。
11. 如請求項 1 之合金，其  $PREN_{16}$  值為 40 至 60。

12. 如請求項 1 之合金，其中該合金為非磁性的。
13. 如請求項 1 之合金，其磁導率值小於 1.01。
14. 如請求項 1 之合金，其極限拉伸強度為至少 110 ksi、屈服強度為至少 50 ksi 且伸長百分比為至少 15%。
15. 如請求項 1 之合金，其極限拉伸強度在 90 ksi 至 150 ksi 之範圍內、屈服強度在 50 ksi 至 120 ksi 之範圍內且伸長百分比在 20%至 65%之範圍內。
16. 如請求項 1 之合金，其極限拉伸強度在 100 ksi 至 240 ksi 之範圍內、屈服強度在 110 ksi 至 220 ksi 之範圍內且伸長百分比在 15%至 30%之範圍內。
17. 如請求項 1 之合金，其臨界孔蝕溫度為至少 45°C。
18. 如請求項 1 之合金，以基於總合金重量之重量百分比計，其包含：至多 0.05 碳；1.0 至 9.0 錳；0.1 至 1.0 矽；18.0 至 26.0 鉻；19.0 至 37.0 鎳；3.0 至 7.0 鉬；0.4 至 2.5 銅；0.1 至 0.55 氮；0.2 至 3.0 鎢；0.8 至 3.5 鈷；至多 0.6 鈦；不大於 0.3 組合重量百分比之鈳與鈹；至多 0.2 鈳；至多 0.1 鋁；至多 0.05 硼；至多 0.05 磷；至多 0.05 硫；鐵；及伴隨雜質。
19. 如請求項 18 之合金，其包含 2.0 至 8.0 重量百分比之錳。
20. 如請求項 18 之合金，其包含 19.0 至 25.0 重量百分比之鉻。
21. 如請求項 18 之合金，其包含 20.0 至 35.0 重量百分

比之鎳。

22. 如請求項 18 之合金，其包含 3.0 至 6.5 重量百分比之鉬。

23. 如請求項 18 之合金，其包含 0.5 至 2.0 重量百分比之銅。

24. 如請求項 18 之合金，其包含 0.3 至 2.5 重量百分比之鎢。

25. 如請求項 18 之合金，其包含 1.0 至 3.5 重量百分比之鈷。

26. 如請求項 18 之合金，其包含 0.2 至 0.5 重量百分比之氮。

27. 如請求項 18 之合金，其包含 20 至 50 重量百分比之鐵。

28. 如請求項 1 之合金，以基於總合金重量之重量百分比計，其包含：至多 0.05 碳；2.0 至 8.0 錳；0.1 至 0.5 矽；19.0 至 25.0 鉻；20.0 至 35.0 鎳；3.0 至 6.5 鉬；0.5 至 2.0 銅；0.2 至 0.5 氮；0.3 至 2.5 鎢；1.0 至 3.5 鈷；至多 0.6 鈦；不大於 0.3 組合重量百分比之鈳與鈹；至多 0.2 鈳；至多 0.1 鋁；至多 0.05 硼；至多 0.05 磷；至多 0.05 硫；鐵；痕量元素；及伴隨雜質。

29. 如請求項 28 之合金，其中該錳為 2.0 至 6.0 重量百分比。

30. 如請求項 28 之合金，其中該鉻為 20.0 至 22.0 重量

百分比。

31. 如請求項 28 之合金，其中該鉬為 6.0 至 6.5 重量百分比。

32. 如請求項 28 之合金，其中該鐵為 40 至 45 重量百分比。