# 【發明說明書】

【中文發明名稱】高韌性馬氏體不鏽鋼及以其製造之往復泵

【英文發明名稱】HIGH TOUGHNESS MARTENSITIC STAINLESS STEEL AND RECIPROCATING PUMP MANUFACTURED THEREWITH

【技術領域】

【0001】 本發明大體上關於高韌性馬氏體不鏽鋼組成物，且更明確地，關於由此組成物製成的反復泵的液力端(fluid end)。

【先前技術】

【0002】 往復泵可設置以推動處理材料(諸如但不限於混凝土、酸化材料、液裂材料或支撐劑(proppant)材料)進入氣體井孔或油井孔。往復泵可包括動力端(power end)與液力端，動力端包括馬達與旋轉地嚙合於馬達的曲軸。此外，動力端可包括旋轉地嚙合於曲軸的曲柄臂。

【0003】 液力端可包括在一端處有效地連接於曲柄臂且在另一端處連接於柱塞(plunger)的連接桿、設置以有效地嚙合柱塞的缸體、及設置以嚙合缸體的端塊(end block)。端塊可具有入口埠、出口埠、在入口埠與出口埠之間延伸的第一擴孔。此外，端塊可包括缸體埠與在缸體埠與第一擴孔之間延伸的缸體擴孔。

【0004】 在操作中，馬達可旋轉曲軸，其經由互連的曲柄臂與連接桿依次使柱塞在缸體內往復運動。當柱塞往復運動時，處理材料可透過入口埠被移動進入端塊並在壓力下透過出口埠被推出端塊進入氣體井孔或油井孔。

【0005】 由於對碳氫化合物的需求增加，液裂公司已經移向鑽探更複合的場域，諸如海恩斯維爾頁岩(Haynesville Shale)。較老岩層處可在每平方吋9000磅(PSI)下被破壞，海恩斯維爾頁岩普遍需要至少13000 PSI的泵送壓力。此外，較老岩層處可利用較少研磨的支撐劑材料，海恩斯維爾頁岩通常需要高度研磨的支撐劑，諸如鋁土礦。較高泵送壓力與較多研磨支撐劑材料的利用已經導致降低的液力端壽命，與因此相關的替換端塊與泵的較高成本。

【0006】 本發明因此關於克服上述的一或多個問題及/或關於已知往復泵液力端的其他問題。

【發明內容】

【0007】 根據本發明的一態樣，揭示一種往復泵。往復泵可包含動力端，具有馬達、旋轉地嚙合於馬達的曲軸、及旋轉地嚙合於曲軸的曲柄臂。往復泵可進一步包含有效地連接於動力端的液力端。液力端可包括柱塞、設置以有效地嚙合於柱塞的缸體、及端塊。液力端的柱塞、缸體、及端塊可各自由高韌性馬氏體不鏽鋼組成物所製成，高韌性馬氏體不鏽鋼組成物包含11.50%與17.00%重量之間的鉻、3.50%與6.00%重量之間的鎳、0.30%與1.50%重量之間的鉬、0.01%與0.20%重量之間的釩、及鐵。

【0008】 根據本發明的另一態樣，揭示往復泵的端塊。端塊可包含主體、在入口埠與出口埠之間延伸經過主體的

第一擴孔、及在缸體埠與第一擴孔之間延伸經過主體的缸體擴孔。端塊的主體可由高韌性馬氏體不鏽鋼組成物所製成，高韌性馬氏體不鏽鋼組成物包含0.00%與0.06%重量之間的碳、11.50%與17.00%重量之間的鉻、3.50%與6.00%重量之間的鎳、0.30%與1.50%重量之間的鉬、0.01%與0.20%重量之間的釩、及鐵。

【0009】 在本發明的另一態樣中，揭示一種高韌性馬氏體不鏽鋼組成物。高韌性馬氏體不鏽鋼組成物可包含0.00%與0.06%重量之間的碳、0.00%與1.50%重量之間的錳、0.000%與0.040%重量之間的磷、0.000%與0.030%重量之間的硫、0.00%與0.70%重量之間的矽、11.50%與17.00%重量之間的鉻、3.50%與6.00%重量之間的鎳、0.30%與1.50%重量之間的鉬、0.01%與0.20%重量之間的釩、0.00%與0.20%重量之間的鈮、0.00%與0.060%重量之間的鋁、及鐵。高韌性馬氏體不鏽鋼組成物中鈮對碳的比率可為6或更小。

【0010】 當與隨附圖式一同閱讀時，將更容易地理解本發明的這些與其他態樣及特徵。

【圖式簡單說明】

【0011】 圖1是根據本發明建構的範例往復泵的側立視圖。

【0012】 圖2是根據本發明建構的圖1的範例往復泵的側剖面視圖。

【0013】 圖3是根據本發明建構的可使用於圖1的範例往復泵的端塊的透視圖。

【0014】 圖4是根據本發明建構的可使用於圖1的範例往復泵的圖3的端塊的一具體例沿著線4-4的剖面視圖。

【0015】 圖5是根據本發明建構的可使用於圖1的範例往復泵的圖3的端塊的替代具體例沿著線4-4的剖面視圖。

【0016】 圖6是顯示不同回火溫度在根據本發明製備的高韌性馬氏體不鏽鋼組成物的降伏強度(降伏)與極限拉伸強度(UTS)上的效果的數據圖。

【0017】 圖7是顯示不同回火溫度在圖6的高韌性馬氏體不鏽鋼組成物的韌性上的效果的數據圖。

【實施方式】

【0018】 現在將參照本文描述的圖式與表格說明本發明的各種態樣，其中相同元件符號指稱相同元件，除了另外指明之外。參照圖1，描繪根據本發明製造的範例往復泵10的側立視圖。如其中所示，往復泵10可包括動力端12與液力端14。動力端12可設置以提供功至液力端14，從而容許液力端14推動處理材料(諸如但不限於混凝土、酸化材料、液裂材料或支撐劑材料)進入氣體井孔或油井孔。

【0019】 現在參照圖2，描繪根據本發明製造的範例往復泵10的側剖面視圖。如其中所見，動力端12可包括設置以提供功至液力端14的馬達16。此外，動力端12可包

括環繞曲軸20與曲柄臂22的曲軸箱外殼18。曲軸20可旋轉地嚙合於馬達16，而曲柄臂22可旋轉地嚙合於曲軸20。

【0020】 液力端14可包括至少部分地環繞連接桿26、缸體28、及柱塞30的液力外殼24。連接桿26可包括第一端31與相對於第一端31的第二端33。連接桿26可有效地在第一端31處連接於曲柄臂22與在第二端33處連接於柱塞30。缸體28可設置以有效地嚙合柱塞30。儘管本發明與圖式討論缸體28與柱塞30佈置，預期到本發明的教示也可包含缸體28與活塞佈置。因此，將理解到柱塞30可被活塞所替換而不悖離本發明的範疇。

【0021】 液力端14也可包括端塊32。現在轉到圖3，描繪可使用於圖1的範例往復泵10的端塊32的透視圖。如其中所描繪，端塊32可包含在前側36、背側38、左側40、右側42、頂側44、及底側46之間延伸的主體34。儘管圖3描繪的端塊32是單塊三重設計，預期到本發明的教示也同等地應用於其他單塊設計，諸如四重、Y-區塊，及甚至應用於具有模組設計的端塊32。

【0022】 轉到圖4，繪示端塊32的一具體例的剖面視圖。如其中所描繪，主體34可進一步包括入口埠48、出口埠50、及在入口埠48與出口埠50之間延伸的第一擴孔52。此外，如圖4所描繪，主體34可額外地包括缸體埠54、檢視埠56、及缸體擴孔58。在一具體例中，缸體擴

孔58可在缸體埠54與第一擴孔52之間延伸。在另一具體例中，缸體擴孔58可在缸體埠54與檢視埠56之間延伸。

【0023】 參照圖5，繪示端塊32的替代具體例的剖面視圖。如其中所描繪，主體34可包括入口埠48、出口埠50、及在入口埠48與出口埠50之間延伸的第一擴孔52。此外，如圖5所描繪，主體34可額外地包括缸體埠54與缸體擴孔58。缸體擴孔58可在缸體埠54與第一擴孔52之間延伸。再者，如其中所描繪，缸體擴孔58與第一擴孔52之間的角度可不同於90度，因而造成具有Y-區塊類型組態的端塊32。

【0024】 在操作中，馬達16可旋轉曲軸20，其經由曲柄臂22與連接桿26可依次使缸體28內的柱塞30往復運動。當柱塞30往復運動從缸體擴孔58朝向缸體28，處理材料可移動經過入口埠48進入第一擴孔52。當柱塞30往復運動從缸體28朝向缸體擴孔58，處理材料在壓力下可透過出口埠50移動出第一擴孔52至氣體井孔或油井孔。

【0025】 如上所述，對於碳氫化合物能量的要求已經增加。因此，液裂公司已經開始探查需要增加的壓力及使用較多研磨支撐劑材料以釋放被捕捉的碳氫化合物的頁岩區域。較高的泵送壓力與較多研磨支撐劑材料(諸如鋁土礦)的利用已經減少液力端14的使用壽命。更明確地，較高的泵送壓力與較多研磨支撐劑材料的利用已經減少缸體28、柱塞30、及端塊32的使用壽命。因此，本發明關於增加這些部件的使用壽命。

【0026】 端塊與往復泵的破壞模式還未被完全理解。然而已知的是，經受伸張應力與腐蝕水溶液的結合的給定材料會易於開始破裂並接著傳播裂痕。更明確地，本發明關於新穎且非顯而易見的高韌性馬氏體不鏽鋼組成物，用於製造往復泵10的液力端14，其抵抗裂痕的傳播。即，往復泵10的液力端14的組件的一或多者(包括缸體28、柱塞30、及端塊32)可部分地或完全地由本文所述的高韌性馬氏體不鏽鋼組成物所製成。有利地，本發明的高韌性馬氏體不鏽鋼組成物是抵抗腐蝕且特別地堅韌，使得其良好地適用於操作在高壓下與在研磨支撐劑材料的存在下的泵液力端。本文揭示的高韌性馬氏體不鏽鋼組成物與習知地用於製造往復泵液力端的材料相比較，可延長往復泵的可使用壽命，並降低或消除液力端14的破裂傾向性。

【0027】 在第一具體例中，高韌性馬氏體不鏽鋼組成物可包含11.50%與17.00%重量之間的鉻、3.50%與6.00%重量之間的鎳、0.30%與1.50%重量之間的鉬、0.00%與0.20%重量之間的釩、及鐵。例如，在此具體例中，高韌性馬氏體不鏽鋼組成物可包含0.01%與0.20%重量之間的釩。此外，在此具體例中，高韌性馬氏體不鏽鋼組成物可進一步包含0.00%與0.06%重量之間的碳、0.00%與1.50%重量之間的錳、0.000%與0.040%重量之間的磷、0.000%與0.030%重量之間的硫、0.00%與0.70%重量之間的矽、及0.000%與0.060%重量之間的鋁。再者，在此具體例中，高韌性馬

氏體不鏽鋼組成物可進一步包含0.00%與0.20%重量之間的鈮。對於增加的韌性，高韌性馬氏體不鏽鋼組成物中鈮對碳的比率可為6或更小。

【0028】 在第一具體例中，帶有在0.01%至0.20%重量範圍的較低端處的釩含量，高韌性馬氏體不鏽鋼的最大降伏強度會小於每平方吋124.0千磅（KSI），當在負20°F測試時，帶有最小平均沙比V形缺口衝擊(Charpy “V” notch impact)韌性為90呎-磅(foot-pound)，用於強度與延性的最佳平衡。再者，在第一具體例中，不鏽鋼可具有最大極限拉伸強度小於130 KSI，用於強度與延性的最佳平衡。

【0029】 在額外具體例中，高韌性馬氏體不鏽鋼組成物可包含12.00%與14.00%重量之間的鉻、3.50%與5.50%重量之間的鎳、0.50%與1.00%重量之間的鉬、0.00%與0.15%重量之間的釩、及鐵。例如，在此具體例中，高韌性馬氏體不鏽鋼組成物可包含0.01%與0.15%重量之間的釩。此外，在此額外具體例中，高韌性馬氏體不鏽鋼組成物可進一步包含0.00%與0.06%重量之間的碳、0.50%與1.00%重量之間的錳、0.000%與0.030%重量之間的磷、0.000%與0.030%重量之間的硫、0.00%與0.60%重量之間的矽、及0.00%與0.060%重量之間的鋁。再者，在此額外具體例中，高韌性馬氏體不鏽鋼組成物可進一步包含0.00%與0.15%重

量之間的鈮。在此額外具體例中，高韌性馬氏體不鏽鋼組成物中鈮對碳的比率可為4或更小以提供增加的韌性。

【0030】 在此額外具體例中，帶有在0.01%至0.15%重量範圍的較低端處的釩含量，高韌性馬氏體不鏽鋼的最大降伏強度會小於每平方吋124.0千磅 (KSI)，當在負20°F測試時，帶有最小平均沙比V形缺口衝擊(Charpy "V" notch impact)韌性為90呎-磅(foot-pound)，用於強度與延性的最佳平衡。再者，在此第一具體例中，不鏽鋼可具有最大極限拉伸強度小於130 KSI，用於強度與延性的最佳平衡。

【0031】 在上述配方中的碳可決定被淬火的硬度、增加高韌性馬氏體不鏽鋼的可硬化性、及做為有效的沃斯田鐵安定劑。此外，碳可與鉻及鉬組合以形成若干金屬碳化物相。金屬碳化物粒子增強抗磨性和MC型金屬碳化物透過粒子釘扎(particle pinning)提供晶粒細化。然而增加碳水平到大於0.06%重量是不期望的。第一，碳化鉻的析出耗乏有益鉻的基質，其降低合金的氧化與腐蝕抗性。第二，較高的碳水平會過度安定沃斯田鐵相。過度安定的沃斯田鐵會造成不完全的轉化，其會抑制馬氏體起始與結束溫度低於室溫，帶有在實施的強度上的有害效果。

【0032】 上述配方中的鉻可適度地增加可硬化性、略微地給予固溶體強化、及當與碳結合時以形成金屬碳化物而大大地改善抗磨性。當存在於濃度大於11.5%重量時，

鉻提供高氧化與腐蝕抗性。實際上，可添加至多17.0重量%，而不降低高韌性馬氏體不鏽鋼的熱加工性。

【0033】 上述配方中的鎳可給予微小的固溶體強化、延展可硬化性、及增加韌性與延性。此外，鎳可改善酸性環境中的腐蝕抗性，且可為強力的沃斯田鐵安定劑。鎳可增加韌性，其可有益用於阻止裂痕傳播。

【0034】 上述配方中的鉬可改善可硬化性、增加腐蝕抗性、降低回火脆化的傾向、及當在1000°F至1200°F範圍中加熱時，藉由細微金屬碳化物($M_2C$)的析出，產生析出強化的高韌性馬氏體不鏽鋼。富含鉬的金屬碳化物提供增加的抗磨性、改善在低於$A_1$溫度的熱硬度與抵抗粗化。此外，至多1.50%重量的鉬含量容許實現這些益處而不危及熱加工性。

【0035】 上述配方的錳可提供略微固溶體強化與增加高韌性馬氏體不鏽鋼的可硬化性。若存在足夠的含量，錳可將硫結合進入非金屬化合物，降低材料的延性上的游離硫的有害效果。錳也是沃斯田鐵安定劑，且在1.50%重量之上的水平會造成近似於上述高碳水平的過度安定化的問題。

【0036】 上述配方中的磷可當作雜質。因此，磷可容許至0.040%重量的水平，由於其藉由偏析(segregate)於晶界而傾向於降低延性與韌性。在晶界的磷會具有有害效果於晶界凝聚(cohesion)上。

【0037】 上述配方中的硫可當作雜質，由於其可改善可加工性，以降低延性與韌性作為代價。由於在延性與韌性上的負面影響，硫的水平容忍於最大為0.030%重量。

【0038】 上述配方中的矽可用於在鋼鐵製造期間的脫氧(de-oxidation)。此外，矽可增加氧化抗性、給予由於固溶體強化的略微增加的強度、及增加高韌性馬氏體不鏽鋼的可硬化性。矽略微地安定肥粒鐵，且在0.00%與0.70%重量之間的矽的水平是期望的，用於脫氧與材料中的相安定。

【0039】 上述配方的釩可強烈地增強可硬化性、當與碳結合以形成金屬碳化物時可改善抗磨性、及透過細微碳化物、氮化物、或碳氮化物粒子的析出之晶界的釘扎而可助於促成細微晶粒。鈮也可用於與釩結合以增強晶粒細化。儘管至多0.20%重量之釩含量可助於晶粒細化與可硬化性，超過0.20%重量之釩的水平透過形成大的碳化物會不利地降低韌性。馬氏體鋼可包含0.00%與0.20%重量之間的釩。例如，馬氏體鋼可包含0.01%與0.20%重量之間的釩。

【0040】 上述配方的鈮藉由將碳從固溶體移除會具有負面效果於可硬化性上，但藉由微細碳化物、氮化物、或碳氮化物粒子的析出可產生強化，及透過微細碳化物、氮化物、或碳氮化物粒子的析出之晶界的釘扎而可助於促成微細晶粒。這些良好分散的粒子於熱加工或熱處理的溫度處不會輕易溶解在鋼中，所以它們可做為用於新晶粒形成

的晶核，因此增強晶粒細化。碳對鈮的非常強烈的親和性也可助於增加對於晶間腐蝕的抵抗，藉由避免其他晶界碳化物的形成。為了緩和鈮在可硬化性上的負面效果，可添加釩。馬氏體鋼可包含0%與0.20%之間的鈮。

【0041】 藉由鈮對碳的比率而辨別區分的低韌性與高韌性狀態的不同析出強化不鏽鋼的研究。參見Misra等人所著「An Anaylysis of Grain Boundary Cohesion in Precipitation Hardened Stainless Steel」，Scripta Metallugica et Materialia，第28冊、第1531-1536頁，西元1993年。低韌性狀態特徵為高晶界磷濃度與在晶粒內部的鈮碳化物的形成。低韌性狀態的鈮對碳的比率範圍為從大於6但小於約20。高韌性狀態特徵為較少的晶界磷，由於透過在晶界上的位置競爭的磷被碳取代。碳在晶界上的偏析增強晶界凝聚與取消磷在韌性上的有害影響。高韌性狀態中鈮對碳的比率小於6。當被添加為小於碳含量的6倍數量的鈮添加時，與較佳地小於碳含量的4倍時，藉由改善晶界凝聚可增加韌性。

【0042】 上述配方中的鋁當使用在鋼製造期間會是有效的脫氧劑，與當與氮結合以形成微細鋁氮化物時可提供晶粒細化。鋁藉由與鎳結合以形成鋁化鎳粒子可提供強化。鋁的水平必須保持低於0.060%重量以確保在鑄錠澆注(ingot teeming)期間的偏好流動。

**實例1**

【0043】 以本文揭示高韌性馬氏體不鏽鋼製造缸體28、柱塞30、及端塊32的方法包括以下步驟：熔化、成形、熱處理、及受控材料移除以獲得最終期望形狀。這些步驟的每一者將在下文更詳細地討論。

【0044】 本文揭示的高韌性馬氏體不鏽鋼的熔化處理與現行製造鋼的實施沒有不同。可實行的熔化處理的實例包括但不限於利用電弧爐、感應熔解、及真空感應熔解。在這些處理的每一者中，創造出液體鋼並添加合金以製造期望組成物。可使用後續的精煉處理。取決於使用的處理，創造用於熔化處理的保護性熔渣層可具有高含量的氧化合金。在熔化處理期間可添加還原劑以使得合金元素從熔渣回復進入鋼浴中。相反地，金屬與熔渣也可在槽中處理以減少碳含量，與偏好地將熔渣中的合金回復進入浴中，透過使用氬-氧脫碳(AOD)槽或真空-氧脫碳(VOD)槽。具有期望化學性的液體鋼可連續地傾注成條帶或鑄造成鑄錠。

【0045】 然後，可形成固化條帶或鑄錠，使用典型金屬成形處理，諸如但不限於藉由軋製或鍛造的熱加工成期望形狀。為了助於成形，條帶或鑄錠可加熱至2100°F至2200°F的範圍中的溫度，以使得材料塑性足以變形。較佳地，只要溫度不低於1650°F，變形可持續，由於低於此溫度的變形會造成表面破裂與裂痕。

【0046】 在成形之後，為了達成期望機械性質可執行熱處理。成形材料可在爐子中熱處理，爐子諸如但不限於直

火式加熱爐、間接火式加熱爐、氣氛爐、及真空爐。成形材料需要以達成期望機械性質的步驟是暴露於高溫以容許材料轉變為沃斯田鐵，接著在空氣或淬火介質中冷卻材料以形成主要地馬氏體基質，然後以較低溫度熱循環而回火馬氏體。取決於選擇的溫度，也可有著藉由添加鉬至合金而產生的次要硬化效果。高溫處理發生在1800°F至1900°F的範圍中。較低溫度循環是在450°F至750°F或980°F至1300°F的範圍中。避開750°F至980°F的範圍是由於當在此範圍處理時的韌性與腐蝕抗性的降低。典型處理使用980°F至1300°F的溫度範圍。在此範圍的較低端處處理的成形材料將具有較高強度，而在此範圍的較高端處處理的材料將具有較佳延性、韌性、及腐蝕抗性。在較低溫度循環之後，材料將包含回火的馬氏體結構，且可次要地包括鉬析出物。

【0047】 隨後，硬化的成形材料可經受受控材料移除處理以獲得必要的最終期望形狀輪廓。用於由此硬化材料製造缸體28、柱塞30、及端塊32的一般處理的實例包括但不限於銑切、車削、研磨、及切削。

【0048】 本文揭示的高韌性馬氏體不鏽鋼的實例組成列舉在下方表1-2中。

**表1**：廣範圍

| 元素 | 重量%，最小值 | 重量%，最大值 |
|---|---|---|
| 碳 | 0.00 | 0.06 |
| 錳 | 0.00 | 1.50 |

| | | |
|---|---|---|
| 磷 | 0.00 | 0.040 |
| 硫 | 0.00 | 0.030 |
| 矽 | 0.00 | 0.70 |
| 鉻 | 11.50 | 17.00 |
| 鎳 | 3.50 | 6.00 |
| 鉬 | 0.30 | 1.50 |
| 釩 | 0.00 | 0.20 |
| 鋁 | 0.000 | 0.060 |
| 鈮 | 0.00 | 0.20 |
| 鈮/碳 比率 | | 6 |
| 鐵 | 平衡 | 平衡 |

**表2：**窄範圍

| 元素 | 重量%，最小值 | 重量%，最大值 |
|---|---|---|
| 碳 | 0.00 | 0.06 |
| 錳 | 0.50 | 1.00 |
| 磷 | 0.00 | 0.030 |
| 硫 | 0.00 | 0.030 |
| 矽 | 0.00 | 0.60 |
| 鉻 | 12.00 | 14.00 |
| 鎳 | 3.50 | 5.50 |
| 鉬 | 0.50 | 1.00 |
| 釩 | 0.00 | 0.15 |
| 鋁 | 0.000 | 0.060 |

| | | |
|---|---|---|
| 鈮 | 0.00 | 0.15 |
| 鈮/碳 比率 | | 4 |
| 鐵 | 平衡 | 平衡 |

【0049】 根據上述的廣範圍處理高韌性馬氏體鋼的試驗樣品(trial heat)。此樣品在電弧爐中創造，其中創造液體鋼並添加合金以製造期望組成。在槽中處理金屬與熔渣以降低碳含量，及偏好地將熔渣中的合金回復進入浴中，透過使用氬-氧脫碳(AOD)槽。具有期望化學性的液體鋼被鑄造成鑄錠。藉由熱加工形成的鑄錠藉由鍛造成期望形狀。在鍛造之後，藉由暴露於高溫以熱處理材料而容許材料轉變為沃斯田鐵，接著冷卻材料以形成主要地馬氏體基質，然後以較低溫度熱循環而回火馬氏體。為了試驗回火溫度的較低界限，在950°F、980°F、及1025°F處回火樣品。

【0050】 試驗樣品的化學組成顯示在下方表3中。

**表3：** 試驗樣品的組成

| **元素** | **重量%** |
|---|---|
| 碳 | 0.02 |
| 錳 | 0.79 |
| 磷 | 0.015 |
| 硫 | 0.001 |
| 矽 | 0.37 |
| 鉻 | 13.05 |
| 鎳 | 3.76 |

| | |
|---|---|
| 鉬 | 0.62 |
| 釩 | 0.03 |
| 鋁 | 0.015 |
| 鈮 | 0.01 |
| 鈮/碳 | 0.5 |

【0051】 不同回火溫度的結果顯示回火溫度在合金的峰值降伏強度上的深刻效果。結果顯示在圖6中。大約128 ksi的峰值降伏強度發生在大約980°F的回火溫度處。達到最高強度水平的回火確實具有負面影響於韌性上，如在負20°F處使用沙比V形缺口衝擊試驗所量測(見圖7)。超過980°F的回火溫度增加此組成物顯著數量的期望韌性。考慮到期望的韌性以抵抗裂痕傳播，超過1000°F的回火溫度建議帶有相應的降伏強度的降低至最大值為124 ksi。

【0052】 添加釩於上述試驗樣品可強烈地增強可硬化性，其可具有最小化從實施的表面至中心強度的降低之效果，及鈮的添加可產生藉由微細碳化物、氮化物、或碳氮化物粒子之析出的強化。以此方式，實施的強度可增加而沒有在韌性上的顯著有害影響。

**產業利用性**

【0053】 本發明的教示可發現在許多應用中的可利用性，包括但不限於設計以傳送在高壓下的材料及/或高度研磨材料的泵。例如，此類泵可包括但不限於泥漿泵、混凝土泵、井維護泵及類似物。雖然可應用於設計以傳送在

高壓下的材料及/或高度研磨材料的任何泵，本發明可特定地應用於使用於傳送液裂材料或支撐劑材料進入氣體井孔或油井孔的往復泵10。更明確地，本發明發現益處於增加使用於傳送液裂材料或支撐劑材料進入氣體井孔或油井孔的往復泵10的缸體28、柱塞30、或端塊32的使用壽命。

【0054】 例如，往復泵10的缸體28可部分地或完全地由本文所述的高韌性馬氏體不鏽鋼組成物所製造，以增加往復泵10的使用壽命。高韌性馬氏體不鏽鋼組成物可包含11.50%與17.00%重量之間的鉻、3.50%與6.00%重量之間的鎳、0.30%與1.50%重量之間的鉬、0.00%與0.20%重量之間的釩(例如0.01%與0.20%重量之間的釩)、及鐵。此外，高韌性馬氏體不鏽鋼組成物可進一步包含0.00%與0.06%重量之間的碳、0.00%與1.50%重量之間的錳、0.000%與0.040%重量之間的磷、0.000%與0.030%重量之間的硫、0.00%與0.70%重量之間的矽、及0.000%與0.060%重量之間的鋁。再者，高韌性馬氏體不鏽鋼組成物可進一步包含0.00%與0.20%重量之間的鈮。

【0055】 此外，往復泵10的柱塞30可部分地或完全地由本文所述的高韌性馬氏體不鏽鋼組成物所製造，以增加往復泵10的使用壽命。高韌性馬氏體不鏽鋼組成物可包含11.50%與17.00%重量之間的鉻、3.50%與6.00%重量之間的鎳、0.30%與1.50%重量之間的鉬、0.00%

與0.20%重量之間的釩(0.01%與0.20%重量之間的釩)、及鐵。此外，高韌性馬氏體不鏽鋼組成物可進一步包含0.00%與0.06%重量之間的碳、0.00%與1.50%重量之間的錳、0.000%與0.040%重量之間的磷、0.000%與0.030%重量之間的硫、0.00%與0.70%重量之間的矽、及0.000%與0.060%重量之間的鋁。再者，高韌性馬氏體不鏽鋼組成物可進一步包含0.00%與0.20%重量之間的鈮。

【0056】 此外，往復泵10的端塊32可部分地或完全地由本文所述的高韌性馬氏體不鏽鋼組成物所製造，以增加往復泵10的使用壽命。高韌性馬氏體不鏽鋼組成物可包含11.50%與17.00%重量之間的鉻、3.50%與6.00%重量之間的鎳、0.30%與1.50%重量之間的鉬、0.00%與0.20%重量之間的釩(例如0.01%與0.20%重量之間的釩)、及鐵。此外，高韌性馬氏體不鏽鋼組成物可進一步包含0.00%與0.06%重量之間的碳、0.00%與1.50%重量之間的錳、0.000%與0.040%重量之間的磷、0.000%與0.030%重量之間的硫、0.00%與0.70%重量之間的矽、及0.000%與0.060%重量之間的鋁。再者，高韌性馬氏體不鏽鋼組成物可進一步包含0.00%與0.20%重量之間的鈮。

【0057】 上述說明應該僅為代表性的，且因而在不悖離本發明的範疇下，可對本文所述的具體例進行修改。因

此，這些修改落在本發明的範疇內且預期落在隨附申請專利範圍內。

【符號說明】

【0058】

4 線

10 往復泵

12 動力端

14 液力端

16 馬達

18 曲軸箱外殼

20 曲軸

22 曲柄臂

24 液力外殼

26 連接桿

28 缸體

30 柱塞

31 第一端

32 端塊

33 第二端

34 主體

36 前側

38 背側

40 左側

42 右側

44 頂側

46 底側

48 入口埠

50 出口埠

52 第一擴孔

54 缸體埠

56 檢視埠

58 缸體擴孔

【生物材料寄存】

【0059】 國內寄存資訊(請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【0060】 國外寄存資訊(請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無

201903171

# 【發明摘要】

【中文發明名稱】高韌性馬氏體不鏽鋼及以其製造之往復泵

【英文發明名稱】HIGH TOUGHNESS MARTENSITIC STAINLESS STEEL AND RECIPROCATING PUMP MANUFACTURED THEREWITH

【中文】

揭示一種往復泵。此往復泵可包括動力端與有效地連接於動力端的液力端。此液力端可包括柱塞、設置以有效地嚙合柱塞的缸體、及端塊。此液力端的柱塞、缸體、及端塊可各自由高韌性馬氏體不鏽鋼組成物所製成，高韌性馬氏體不鏽鋼組成物包含11.50%與17.00%重量之間的鉻、3.50%與6.00%重量之間的鎳、0.30%與1.50%重量之間的鉬、0.01%與0.20%重量之間的釩、及鐵。

【英文】

A reciprocating pump is disclosed. The reciprocating pump may comprise a power end, and a fluid end operatively connected to the power end. The fluid end may include a plunger, a cylinder configured to operatively engage the plunger, and an end block. The plunger, the cylinder, and the end block of the fluid end may each be fabricated from a high toughness martensitic stainless steel composition comprising between 11.50 % and 17.00% by weight chromium, between 3.50 % and 6.00 % by weight nickel, between 0.30 % and 1.50 % by weight molybdenum, between 0.01 % and 0.20 % by weight vanadium, and iron.

【指定代表圖】第（1）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

10 往復泵

12 動力端

14 液力端

【特徵化學式】

無

# 【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種往復泵，包含：

一動力端，具有一馬達、旋轉地嚙合於該馬達的一曲軸、及旋轉地嚙合於該曲軸的一曲柄臂；以及

一液力端，該液力端有效地連接於該動力端且包括一柱塞、設置以有效地嚙合於該柱塞的一缸體、與一端塊，該柱塞、該缸體、與該端塊各自由一高韌性馬氏體不鏽鋼組成物所製成，該高韌性馬氏體不鏽鋼組成物包含11.50%與17.00%重量之間的鉻、3.50%與6.00%重量之間的鎳、0.30%與1.50%重量之間的鉬、0.01%與0.20%重量之間的釩、及鐵。

【第2項】 如請求項1所述之往復泵，其中該高韌性馬氏體不鏽鋼組成物進一步包含0.00%與0.20%重量之間的鈮。

【第3項】 如請求項2所述之往復泵，其中該高韌性馬氏體不鏽鋼組成物進一步包含0.00%與0.06%重量之間的碳。

【第4項】 如請求項3所述之往復泵，其中該高韌性馬氏體不鏽鋼組成物中鈮對碳的一比率是6或更小。

【第5項】 如請求項4所述之往復泵，其中該高韌性馬氏體不鏽鋼組成物進一步包含：

0.00%與1.50%重量之間的錳；

0.00%與0.040%重量之間的磷；

0.00%與0.030%重量之間的硫；

0.00%與0.70%重量之間的矽；及

0.000%與0.060%重量之間的鋁。

【第6項】 如請求項5所述之往復泵，其中該高韌性馬氏體不鏽鋼組成物包含12.00%與14.00%重量之間的鉻、3.50%與5.50%重量之間的鎳、0.50%與1.00%重量之間的鉬、及0.01%與0.15%重量之間的釩。

【第7項】 如請求項6所述之往復泵，其中該高韌性馬氏體不鏽鋼組成物包含0.00%與0.15%重量之間的鈮。

【第8項】 如請求項7所述之往復泵，其中該高韌性馬氏體不鏽鋼組成物中鈮對碳的該比率是4或更小。

【第9項】 如請求項8所述之往復泵，其中該高韌性馬氏體不鏽鋼組成物包含：

0.50%與1.00%重量之間的錳；

0.00%與0.030%重量之間的磷；

0.00%與0.60%重量之間的矽；及

0.000%與0.060%重量之間的鋁。

【第10項】 一種一往復泵的端塊，包含：

一主體；

一第一擴孔，該第一擴孔在一入口埠與一出口埠之間延伸經過該主體；

一缸體擴孔，該缸體擴孔在一缸體埠與該第一擴孔之間延伸經過該主體，該端塊的該主體由一高韌性馬氏體不鏽鋼組成物所製成，該高韌性馬氏體不鏽鋼組成物包含0.00%與0.06%重量之間的碳、11.50%與17.00%重量之間的鉻、3.50%與6.00%重量之間的鎳、0.30%與1.50%重量之間的鉬、0.01%與0.20%重量之間的釩、及鐵。

【第11項】 如請求項10所述之端塊，其中該高韌性馬氏體不鏽鋼組成物進一步包含：

0.00%與1.50%重量之間的錳；

0.00%與0.040%重量之間的磷；

0.00%與0.030%重量之間的硫；

0.00%與0.70%重量之間的矽；及

0.000%與0.060%重量之間的鋁。

【第12項】 如請求項11所述之端塊，其中該高韌性馬氏體不鏽鋼組成物進一步包含至多0.20%重量的鈮。

【第13項】 如請求項12所述之端塊，其中該高韌性馬氏體不鏽鋼組成物包含12.00%與14.00%重量之間的鉻、3.50%與 5.50%重量之間的鎳、0.50%與1.00%重量之間的鉬、及0.01%與0.15%重量之間

的釩。

【第14項】　如請求項13所述之端塊，其中該高韌性馬氏體不鏽鋼組成物包含：

0.50%與1.00%重量之間的錳；

0.00%與0.030%重量之間的磷；

0.00%與0.60%重量之間的矽；及

0.000%與0.060%重量之間的鋁。

【第15項】　如請求項14所述之端塊，其中該高韌性馬氏體不鏽鋼組成物包含至多0.15%重量的鈮。

【第16項】　一種高韌性馬氏體不鏽鋼組成物，包含：

0.00%與0.06%重量之間的碳；

0.00%與1.50%重量之間的錳；

0.00%與0.040%重量之間的磷；

0.00%與0.030%重量之間的硫；

0.00%與0.70%重量之間的矽；

11.50%與17.00%重量之間的鉻；

3.50%與6.00%重量之間的鎳；

0.30%與1.50%重量之間的鉬；

0.01%與0.20%重量之間的釩；

0.000%與0.060%重量之間的鋁；

0.00%與0.20%重量之間的鈮，

鈮對碳的一比率為6或更小；及

鐵。

【第17項】 如請求項16所述之高韌性馬氏體不鏽鋼組成物，其中該高韌性馬氏體不鏽鋼組成物包含：

0.50%與1.00%重量之間的錳；

0.00%與0.030%重量之間的磷；

0.00%與0.60%重量之間的矽；

12.00%與14.00%重量之間的鉻；

3.50%與5.50%重量之間的鎳；

0.50%與1.00%重量之間的鉬；

0.01%與0.15%重量之間的釩；及

0.00%與0.15%重量之間的鈮，

鈮對碳的該比率為4或更小。