



(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 I579384 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 04 月 21 日

(21)申請案號：104132994

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 10 月 07 日

(51)Int. Cl.：

C22C14/00 (2006.01)

A61C7/00 (2006.01)

A61L27/06 (2006.01)

A61L29/02 (2006.01)

A61L31/02 (2006.01)

A61L31/14 (2006.01)

A61M25/01 (2006.01)

A61M29/02 (2006.01)

G02C5/00 (2006.01)

(30)優先權：2014/10/23 日本

2014-216449

(71)申請人：國立大學法人東京工業大學 (日本) TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY (JP)

日本

田中貴金屬工業股份有限公司 (日本) TANAKA KIKINZOKU KOGYO K. K. (JP)

日本

(72)發明人：細田秀樹 HOSODA, HIDEKI (JP)；稻邑朋也 INAMURA, TOMONARI (JP)；田原

正樹 TAHARA, MASAKI (JP)；篠原百合 SHINOHARA, YURI (JP)；淵脇康太

FUCHIWAKI, KOTA (JP)；後藤研滋 GOTO, KENJI (JP)

(74)代理人：郭雨嵐；高志明

(56)參考文獻：

JP 2009-215650A

JP 2014-152355A

審查人員：李嘉修

申請專利範圍項數：7 項 圖式數：0 共 17 頁

(54)名稱

超彈性合金

SUPER ELASTIC ALLOY

(57)摘要

本發明係一種超彈性合金，其包含 8.0 質量%以上、20.0 質量%以下的 Au，以及 Cr 與 Mo 的至少任一種作為必要添加元素，且包含 Ta 作為任意添加元素，而剩餘部份為 Ti 及無法避免之雜質所構成；其中 Cr 含量、Mo 含量與 Ta 含量的關係，係根據下式算出 Cr 當量為大於 5.0、小於 8.0 的範圍。此合金係一種不含 Ni 的超彈性合金，且 X 光成像性良好。因此，該合金可適用於醫療領域。

【式 1】Cr 當量=[Cr 含量(質量%)]+([Mo 含量(質量%)]/1.7)+([Ta 含量(質量%)]/15)

A super elastic alloy containing: as essential additive elements, Au of 8.0 mass% or more and 20.0 mass % or less, at least either of Cr and Mo; Ta as an optional additive element; and the balance being Ti and inevitable impurities, wherein an equivalent amount of Cr calculated based on a following formula in terms of a relationship among contents of Cr, Mo and Ta is within the range of more than 5.0 and less than 8.0. The alloy is a Ni-free super elastic alloy, which has a good X-ray imaging property. Hence, the alloy is suitably applicable to the field of medicine.

[Formula 1] Equivalent amount of Cr=[Cr content (mass%)]+([Mo content (mass%)]/1.7)+([Ta content (mass%)]/15)

發明摘要

※ 申請案號：104132994

※ 申請日：104.10.7

※IPC 分類：

C22C14/00(2006.01)
 A61C7/00(2006.01)
 A61L27/06(2006.01)
 A61L29/02(2006.01)
 A61L31/02(2006.01)
 A61L31/14(2006.01)
 A61M25/01(2006.01)
 A61M29/02(2006.01)
 G02C5/00(2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

超彈性合金/ SUPER ELASTIC ALLOY

【中文】

本發明係一種超彈性合金，其包含8.0質量%以上、20.0質量%以下的Au，以及Cr與Mo的至少任一種作為必要添加元素，且包含Ta作為任意添加元素，而剩餘部份為Ti及無法避免之雜質所構成；其中Cr含量、Mo含量與Ta含量的關係，係根據下式算出Cr當量為大於5.0、小於8.0的範圍。此合金係一種不含Ni的超彈性合金，且X光成像性良好。因此，該合金可適用於醫療領域。

【式1】

$$\text{Cr當量} = [\text{Cr含量(質量\%)}] + ([\text{Mo含量(質量\%)}]/1.7) + ([\text{Ta含量(質量\%)}]/15)$$

【英文】

A super elastic alloy containing: as essential additive elements, Au of 8.0 mass% or more and 20.0 mass% or less, at least either of Cr and Mo; Ta as an optional additive element; and the balance being Ti and inevitable impurities,



wherein an equivalent amount of Cr calculated based on a following formula in terms of a relationship among contents of Cr, Mo and Ta is within the range of more than 5.0 and less than 8.0. The alloy is a Ni-free super elastic alloy, which has a good X-ray imaging property. Hence, the alloy is suitably applicable to the field of medicine.

[Formula 1]

$$\text{Equivalent amount of Cr} = [\text{Cr content (mass\%)}] + ([\text{Mo content (mass\%)}]/1.7) + ([\text{Ta content (mass\%)}]/15)$$

【代表圖】

【本案指定代表圖】：無。

【本代表圖之符號簡單說明】：

無

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

超彈性合金/ SUPER ELASTIC ALLOY

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種超彈性合金，細言之，係關於一種不含Ni、可在常溫範圍呈現出超彈性、且其X光成像性優良的超彈性合金。

【先前技術】

【0002】 相較於其他金屬材料，超彈性合金在逆相變溫度（reverse transition temperature）以上的溫度具有極廣泛的彈性範圍，具有即使受力變形仍能馬上恢復原來形狀的性質。於是此合金材料活用該特性，而被期待應用於齒列矯正工具、導管、支架、骨板、線圈、導線、夾具等的醫療用器具、醫療領域。

【0003】 關於超彈性合金的研究，係以關於形狀記憶合金的知識為基礎，再以各種合金系統來完成。從實用性的觀點來看，目前最廣為人知的超彈性合金可舉例如Ni-Ti系的形狀記憶合金。Ni-Ti系形狀記憶合金的逆相變溫度在100℃以下，即使在人體的體溫下亦可呈現出超彈性，故在特性上可說是能夠應用於醫療用器具。然而，Ni-Ti系形狀記憶合金含有Ni，其具有引發金屬過敏之生物相容性的疑慮。在考量使用於醫療領域時，生物相容性可說是致命的問題。

【0004】 於是，進行一種不含Ni且呈現出超彈性特性之合金材料的開發。例如，專利文獻1中揭示一種Ti合金，其係在Ti中添加Mo，以及Al、Ga、Ge中的1種元素。該Ti合金在考量各種添加元素的生物相容性的同時，一方

面添加Mo作為具有穩定Ti之 β 相的添加元素，另一方面亦添加用於穩定 α 相的Al、Ga、Ge；藉由適當調整該等添加元素的含量，可呈現出超彈性特性。接著，亦有其他報告指出，Ti-Nb-Al合金或Ti-Nb-Sn合金等的各種Ti系合金亦呈現出超彈性特性。

【先前技術文獻】

【專利文獻】

【0005】 [專利文獻1] 日本特開2003-293058號公報

[專利文獻2] 日本特開2005-36273號公報

[專利文獻3] 日本特開2004-124156號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

【0006】 上述習知Ti合金所構成的超彈性材料係不含Ni且呈現出超彈性特性，雖期待可將之應用於醫療領域，但仍有許多需要改善的地方。

【0007】 亦即，在使用上述各種醫療器具時，為了確認其設置及使用狀況，大多需要進行X光攝影。例如，在以支架進行的治療中，為了確認器具往手術部位的行進與到達的狀況，大多需要一邊以X光確認，一邊進行手術。因此，X光成像性的優劣是手術成敗的關鍵因素。關於這一點，上述超彈性材料的X光成像性並不好。

【0008】 於是，本發明的目的在於提供一種合金材料，其不含Ni、超彈性特性優良，且X光成像性良好，而能夠充分適用於醫療領域。

[解決課題之手段]

【0009】 上述習知超彈性合金（專利文獻1）係嘗試在Ti中添加各種

添加元素，以穩定作為超彈性合金之母相的 β 相。本案發明人等，一方面參酌此方向，一方面亦從對應本案課題的方法來選定添加元素。亦即，從確保X光成像性的觀點來看，作為相對於Ti為必要的添加元素，首先選擇Au。Au係原子量大的重金屬，是一種X光成像性良好、且生物相容性優良的金屬元素。又，Au係一種有助於呈現無擴散相變的元素，而無擴散相變是超彈性現象的基礎。

【0010】 當然，單獨添加Au並無法呈現出超彈性現象。在Ti-Au系合金中，雖可藉由提高Au含量來呈現形狀記憶現象，但並無法期待它會在逆相變溫度變高的常溫區域下呈現出超彈性。於是，本案發明人一方面將添加至Ti的Au添加量調整於適當範圍，一方面詳盡研究在此狀態下可用以穩定 β 相的其他添加元素，進而想到本發明。

【0011】 亦即，本發明係一種超彈性合金，其包含8.0質量%以上20.0質量%以下的Au，以及Cr與Mo的至少任一種作為必要的添加元素，並包含Ta作為任意的添加元素，剩餘部份為Ti及無法避免之雜質所構成，其中Cr含量、Mo含量與Ta含量的關係，係根據下式算出的Cr當量在大於5.0、小於8.0的範圍內。

【式1】

$$\begin{aligned} \text{Cr當量} = & [\text{Cr含量(質量\%)}] + ([\text{Mo含量(質量\%)}]/1.7) \\ & + ([\text{Ta含量(質量\%)}]/15) \end{aligned}$$

【0012】 如上所述，本發明之Ti-Au系超彈性合金係為Ti為基礎的合金，這種合金必須添加Au，以及Cr及/或Mo，更因應需求添加Ta，而藉此可呈現出超彈性特性。以下，針對本發明之超彈性合金的構成、各添加元素

(Au、Cr、Mo、Ta)的作用，以及該等的含量進行說明。又，Ti係構成本發明之Ti-Au系超彈性合金剩餘部份之主成分的金屬元素，即構成合金母相(β 相)的金屬。又，本發明之超彈性合金允許含有Ti與各添加元素以外之元素這類無法避免的雜質。

I：各添加元素的作用

【0013】 首先，說明必要添加元素Au、Cr、Mo的作用，以及任意添加元素Ta的作用。

(i) Au (必要添加元素)

【0014】 Au作為重金屬原子，發揮X光成像作用。又，Au可延遲構成合金之金屬原子的原子擴散、並使其進行無擴散相變，故有助於呈現出超彈性現象。

(ii) Cr、Mo (必要添加元素)

【0015】 Cr與Mo係具有穩定作為合金母相之 β 相之作用的元素，其係在室溫下呈現出超彈性之必要的添加元素。雖然Cr、Mo兩者皆可添加，但僅添加任一者亦有助於呈現出超彈性。雖然Cr、Mo任一者皆具有穩定 β 相的作用，但Cr的效果較佳，其可以用比Mo更少的添加量來穩定 β 相，更有助於呈現出超彈性。

(iii) Ta (任意的添加元素)

【0016】 本發明中，除了添加Cr或是Mo以外，亦可任意添加Ta。Ta與Cr及Mo同樣具有穩定 β 相的作用，並有助於呈現出超彈性。當然，其效果比Cr及Mo弱。又，Ta是一種與金相近的重金屬(分子量180.9)，故藉由添加Ta，可確保X光成像性。本發明之超彈性合金的Au含量低於以往Ti-Au

系2元系合金，而Au含量的減少會導致X光成像性降低。在此情況下，為了確保X光成像性所添加的Ta是一種有用的金屬。然而，可任意而非必要地添加Ta。

II：各添加元素的含量

【0017】 接著說明上述Au、Cr、Mo、Ta的各添加元素的含量。

(i) Au的含量

【0018】 首先，Au含量在8.0質量%以上、20.0質量%以下。Au含量若小於8.0質量%，則無法呈現出超彈性特性。又，X光成像性也會變差。另一方面，Au含量若大於20.0質量%，則容易形成包含Au的Ti₃Au等的硬質金屬間化合物，因而導致材料具有脆化的傾向。該Au含量在9質量%以上、16質量%以下較佳。

(ii) Cr、Mo、Ta的含量

【0019】 另一方面，關於Cr、Mo、Ta的各添加元素的含量，係考量該等元素所發揮之作用（穩定β相的作用）來決定。具體而言，根據各元素之含量以下式算出的Cr當量必須在既定範圍內。

【0020】 【式1】

$$\begin{aligned} \text{Cr當量} = & [\text{Cr含量(質量\%)}] + ([\text{Mo含量(質量\%)}]/1.7) \\ & + ([\text{Ta含量(質量\%)}]/15) \end{aligned}$$

【0021】 該「Cr當量」係本發明中定義的用語，考量Cr、Mo、Ta所具有的β相穩定作用的強弱，以具有最佳效果的Cr為基準（Cr當量=1），再將Mo及Ta的效果定量化，並將該等元素合併計算，以顯示呈現出超彈性的效果。接著，本發明中，Cr當量必須大於5.0、小於8.0。Cr當量在5.0以下或

8.0以上所組成的合金無法呈現出超彈性。接著，只要以上述Cr當量大於5.0、小於8.0的方式來調整添加元素Cr、Mo、Ta的含量即可。

【0022】 本發明中，可同時添加Cr、Mo兩者，則必要添加元素為Au、Cr及Mo。此時，根據Cr及Mo的含量算出Cr當量，使Cr當量在大於5.0、小於8.0的範圍內。又，此情況中，Cr含量較佳在0.1質量%以上，Mo含量較佳在0.1質量%以上。

【0023】 接著，本發明中，亦可選擇性地添加Cr或Mo的任一者。選擇Cr的情況，則必要添加元素為Au與Cr。如上所述，為了穩定β相之作用，添加Cr最有效果。此情況下，Cr含量較佳在4.0質量%以上。從Cr當量的規定來看，其上限為小於8.0質量%。又，在此情況下可任意添加Ta。

【0024】 另一方面，在選擇Mo的情況下，必要添加元素雖為Au與Mo，但Mo含量較佳為高於Cr的6.8質量%以上。又，從Cr當量的規定來看，Mo含量為小於13.6質量%。此情況下可任意添加Ta。

【0025】 接著，Ta的量在20質量%以下較佳。然而，因為Ta為任意的添加元素，故其下限為0質量%。又，Ta含量在9質量%以上、16質量%以下較佳。

(iii) 考量超彈性以外之特性的合金組成

【0026】 如以上所述，本發明中各添加元素的含量，係根據用以呈現出超彈性的Cr當量所規定。接著，除了呈現出超彈性以外，亦可考量加工性等的特性，來調整添加元素含量。本發明中，Au含量相對於Ta與Ti含量之和的比值（ $[\text{Au含量}(\%)] / ([\text{Ta含量}(\%)] + [\text{Ti含量}(\%)])$)較佳為小於0.29。本發明之超彈性合金雖以Ti-Au合金為基礎，但該系合金中會有產生Au與Ti

的金屬間化合物 (Ti_3Au) 的情形。又，本發明之超彈性合金雖然包含Ta，但Ta亦會有與Au產生金屬間化合物 (Ta_3Au) 的情形。該等金屬間化合物為脆性，若過度析出，則可能損及合金的加工性。於是，較佳為藉由限制Au含量與Ta及Ti含量之和的比值，來確保合金的加工性。

【0027】 更進一步，本發明之超彈性合金中，Au與Ta含量的和 ($[\text{Au含量}(\%)] + [\text{Ta含量}(\%)]$) 較佳為8.0質量%以上、40.0質量%以下。這是因為，Au、Ta的重金屬原子係可提升合金之X光成像性的添加元素。然而，Au與Ta含量的和若大於40.0質量%，則無法呈現出超彈性。

【0028】 本發明之超彈性合金的製造，可藉由一般的溶解鑄造法進行製造，但較佳為對鑄造後的合金進行熱處理。該熱處理係用以調整合金中的金屬間化合物 (Ti_3Au 、 Ta_3Au) 的分布狀態，而穩定地呈現出超彈性現象。該熱處理較佳為在700~900°C加熱保持0.1~6小時。

[發明之效果]

【0029】 如上所說明，本發明之超彈性合金係不含Ni且可在常溫呈現出超彈性的合金。接著，其加工性亦良好。本發明之超彈性合金可採用下述任一型態：Ti-Au-Cr-Mo-Ta合金的5元系合金、Ti-Au-Cr-Ta合金或Ti-Au-Mo-Ta合金的4元系合金，或是Ti-Au-Cr合金或Ti-Au-Mo合金的3元系合金。接著，根據Cr當量調整Cr、Mo、Ta的含量，藉此較佳地呈現出超彈性。

【0030】 本發明之超彈性合金的生物相容性良好，又，因為以Au、Ta這類重金屬作為構成元素，故X光成像性亦良好。本發明因為具有上述特徵，故可期待應用於醫療用器具，具體而言，可應用於齒列矯正具、人工

齒根、夾具、骨釘、導管、支架、骨板等的醫療用器具。

【圖式簡單說明】

無

【實施方式】

【0031】 以下說明本發明之實施形態。本實施形態中，係改變各構成元素的含量來製造Ti-Au系合金，並且在常溫區域下進行是否具有超彈性特性、X光成像性的評估。

● 【0032】 使用99.99質量%Ti、99.95質量%Au、99.9質量%Cr、99.99質量%Mo、99.99質量%Ta作為溶解原料，以製造作為樣品的各種超彈性合金。使用非消耗W電極型氬電弧溶解爐，將該等原料於Ar-1%H₂氣體環境下溶解，以製造合金鑄錠（厚度1~2mm）。

● 【0033】 接著，對所製造之合金鑄錠進行熱處理。該熱處理係在800°C（1073K）下加熱30分鐘後進行水冷處理。接著，對處理後的合金鑄錠以放電加工製作拉伸試片（厚度0.2mm，寬2mm×長度20mm（測定部位的長度為10mm））。

● 【0034】 對於上述製造的合金試片，首先進行拉伸試驗（應力負載-卸載試驗）來評估超彈性特性。用以評估超彈性的拉伸試驗係在大氣中（室溫）以 5×10^{-4} /秒施加負載至產生4%的伸長為止，之後卸除負載，測定殘留應變，以求得回復率（超彈性形狀回復率）。藉由下式求得超彈性形狀回復率。

【0035】 【式2】

超彈性形狀回復率（%）＝

$(2\% \text{變形時的塑性應變}(\%) - \text{殘留應變}(\%)) / 2\% \text{變形時的塑性應變} \times 100$

*其中，以將總變形應變除以彈性變形應變的值作為「塑性應變」。

【0036】 針對計算得出之回復率，判定回復率為50%以上的情況具有超彈性（合格：「○」）。接著，回復率為80%以上者則判定為特優（「◎」）。

【0037】 又，用以評估該超彈性特性的試驗中，亦從變形過程中觀察試片在卸載後的變化，以評估加工性。亦即，對於變形時斷裂者，判定其加工性低，並記為「FRC (Fracture)」。又，在其他變化方面，將變形、卸載後僅觀察到彈性回復者（亦即未觀察到超彈性者）記為「EL (Elasticity)」。

更進一步，將變形、卸載後僅觀察到彈性回復者進行加熱，將可藉由加熱而回復形狀者記為「SME (Shape Memory Effect)」。又，將呈現出超彈性現象者（回復率50%）記為「SE (Super Elasticity)」。

【0038】 進一步確認各試片的X光成像性。該試驗中，以2片壓克力板上下夾住鑄錠，並設置於X光血管攝影裝置，以實際X光診斷中所使用的條件（管電壓：60~125kV，管電流：400~800 mA，照射時間：10~50 msec，使用Al過濾器（2.5mm））進行X光照射。接著，以目視觀察所得之穿透影像，將可清楚觀察試片形狀的情況判定為「○」，將不清楚的程度與TiNi為同等以下的情況判定為「×」。

【0039】 以上說明針對各試片之超彈性特性以及針對X光成像性的評估結果顯示於表1。

【0040】 【表1】

	組成 (wt%)					Cr 當量	Au/ (Ti+Ta)	Au+Ta (%)	評估結果		
	Au	Cr	Mo	Ta	Ti				超彈性		X 光成 像性
									變化 ^{*1}	回復率 ^{*2}	
實施例 1	9.99	4.39	-	15.21	剩餘 部份	5.41	0.12	25.19	SE	◎	○
實施例 2	12.71	4.19	-	17.42		5.36	0.15	30.13	SE	◎	○
實施例 3	12.99	4.29	-	14.83		5.27	0.15	27.82	SE	◎	○
實施例 4	13.28	4.38	-	12.13		5.19	0.16	25.41	SE	◎	○
實施例 5	13.58	4.48	-	9.31		5.10	0.17	22.88	SE	○	○
實施例 6	15.84	4.18	-	14.48		5.15	0.20	30.32	SE	○	○
實施例 7	12.45	4.11	-	19.90		5.43	0.15	32.35	SE	○	○
實施例 8	12.98	5.14	-	14.82		6.13	0.16	27.80	SE	○	○
實施例 9	14.56	5.77	-	-		5.77	0.18	14.56	SE	○	○
實施例 10	14.55	6.72	-	-		6.72	0.18	14.55	SE	○	○
實施例 11	14.54	7.68	-	-		7.68	0.19	14.54	SE	○	○
實施例 12	12.53	-	7.63	14.32		5.44	0.16	26.85	SE	○	○
比較例 1	7.71	5.09	-	-	剩餘 部份	5.09	0.09	7.71	EL	x	x
比較例 2	20.67	7.28	-	-		7.28	0.29	20.67	FRC	-	○
比較例 3	26.25	4.33	-	-		4.33	0.38	26.25	FRC	-	○
比較例 4	8.43	-	-	57.76	剩餘 部份	3.85	0.09	66.19	EL	x	○
比較例 5	9.82	-	-	44.84		2.99	0.11	54.66	SME	x	○
比較例 6	13.15	-	-	50.07		3.34	0.15	63.22	EL	x	○
比較例 7	11.95	3.94	-	24.56	剩餘 部份	5.58	0.14	36.51	EL	x	○
比較例 8	13.00	3.43	-	14.84		4.42	0.16	27.84	SME	x	○
比較例 9	14.52	9.58	-	-		9.58	0.19	14.52	EL	x	○
比較例 10	7.72	3.06	-	-	剩餘 部份	3.06	0.09	7.72	EL	x	x
比較例 11	7.69	8.12	-	-		8.12	0.09	7.69	EL	x	x
比較例 12	7.68	10.14	-	-		10.14	0.09	7.68	EL	x	x
比較例 13	26.16	8.63	-	-		8.63	0.34	26.16	FRC	-	○
比較例 14	14.57	4.81	-	-	剩餘 部份	4.81	0.18	14.57	SME	x	○
比較例 15	14.23	4.69	-	3.25		4.91	0.17	17.48	SME	x	○
比較例 16	13.90	4.58	-	6.30		5.00	0.17	20.24	SME	x	○
比較例 17	12.83	-	3.12	14.65	剩餘 部份	3.06	0.15	27.48	SME	x	○
比較例 18	14.01	-	8.50	-		5.00	0.19	14.01	SME	x	○
比較例 19	12.25	-	12.03	13.99		8.00	0.13	26.25	EL	x	○
比較例 20	11.98	-	16.04	13.69		10.35	0.17	25.67	EL	x	○

*1：變化的區別

FRC：變形時破壞

EL：變形後僅彈性回復

SME：變形後彈性回復，進一步藉由加熱回復形狀

SE：呈現出超彈性（卸載後回復非線形的形狀）

*2：回復率評估內容

-：已破壞而無法測定

x：無超彈性所引起的非線形回復

○：4%變形後的回復率為 50%以上、小於 80%者

◎：4%變形後的回復率為 80%以上者



【0041】 從表1可確認，各實施例之Ti-Au系合金係呈現出超彈性現象（實施例1~12）。

【0042】 若詳細研究各構成元素的關係，則Au含量在範圍外的比較例1~比較例3並未呈現出超彈性。比較例2、3在變形中斷裂（FRC），可知其加工性低。這被認為是因為Au含量過高，導致產生過多金屬間化合物（ Ti_3Au ）的緣故。又，Au含量低的比較例1，其X光成像性不佳。

【0043】 又，從比較例4~比較例6的結果可知，為了呈現出超彈性，必須添加Cr或是Mo等用以穩定 β 相的元素。當然，關於Cr，並非僅是添加即可。添加Cr的情況中，較佳為使添加量在4質量%以上且考量Cr當量（比較例7~比較例9）。

【0044】 比較例10~比較例13係為Au、Cr皆在要求範圍外的合金，該等比較例可說是當然未呈現出超彈性。然而，如同從比較例14~比較例16的結果所知，即使Au、Cr皆在要求範圍內，若Cr當量在範圍外，亦無法呈現出超彈性。因此要求考慮Cr當量的組成比例。又，從Cr當量來看，比較例16與比較例18的Cr當量為5.0，剛好在本案發明的界限上。該等合金雖未呈現出超彈性，但可觀察到形狀記憶作用（SME）。從此可推知，本案發明的合金系統中，Cr當量的臨界值為5.0。

【0045】 從Cr、Mo的作用來看，實施例12雖為添加Mo來代替Cr的合金，但可確認其呈現出超彈性。然而，對於Mo來說，考慮Cr當量的添加亦為必要（比較例17~比較例20）。更進一步來說，Ta為任意的添加元素，即使未添加，亦確認可呈現出超彈性（實施例9~實施例11）。

[產業上的可利用性]

【0046】 本發明之彈性合金因為不含Ni故具有生物相容性，在此前提下，可呈現出超彈性現象。該合金由於包含Au、Ta，故X光成像性亦為良好，而可期待將其應用於各種醫療器具。

【符號說明】

無

申請專利範圍

1. 一種超彈性合金，其包含 8.0 質量%以上、20.0 質量%以下的 Au、Cr 與 Mo 的至少任一種作為必要添加元素、以及 9.0 質量%以上、20.0 質量%以下的 Ta；而剩餘部份為 Ti 及無法避免之雜質所構成；其中 Cr 含量、Mo 含量與 Ta 含量的關係，係根據下式算出 Cr 當量為大於 5.0、小於 8.0 的範圍：

【式 1】

$$\begin{aligned} \text{Cr 當量} = & [\text{Cr 含量(質量\%)}] + ([\text{Mo 含量(質量\%)}]/1.7) \\ & + ([\text{Ta 含量(質量\%)}]/15)。 \end{aligned}$$

2. 如申請專利範圍第 1 項之超彈性合金，其中必要添加元素為 Au、Cr 及 Mo；Cr 含量在 0.1 質量%以上，且 Mo 含量在 0.1 質量%以上。
3. 如申請專利範圍第 1 項之超彈性合金，其中必要添加元素為 Au 與 Cr；Cr 含量在 4.0 質量%以上。
4. 如申請專利範圍第 1 項之超彈性合金，其中必要添加元素為 Au 與 Mo；Mo 含量在 6.8 質量%以上。
5. 如申請專利範圍第 1 至 4 項中任一項之超彈性合金，其中 Au 含量相對於 Ta 與 Ti 含量之和的比值 $([\text{Au 含量(質量\%)}]/([\text{Ta 含量(質量\%)}]+[\text{Ti 含量(質量\%)}]))$ 小於 0.29。
6. 如申請專利範圍第 1 至 4 項中任一項之超彈性合金，其中 Au 與 Ta 含量的和 $([\text{Au 含量(質量\%)}]+[\text{Ta 含量(質量\%)}])$ 在 8.0 質量%以上、40.0 質量%以下。
7. 如申請專利範圍第 5 項之超彈性合金，其中 Au 與 Ta 含量的和 $([\text{Au$

含量(質量%)]+[Ta 含量(質量%)]) 在 8.0 質量%以上、40.0 質量%以下。