



(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 I588268 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 06 月 21 日

(21)申請案號：102105750

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 02 月 19 日

(51)Int. Cl. : C22C19/05 (2006.01)

(30)優先權：2012/04/30 美國

61/640,096

2012/12/19 美國

13/719,369

(71)申請人：海尼斯國際公司 (美國) HAYNES INTERNATIONAL, INC. (US)

美國

(72)發明人：迪歐迪須木克 賓內 P DEODESHMUKH, VINAY P. (IN)；密克 娜塞拉 沙賓
娜 MECK, NACERA SABRINA (US)；庫克 保羅 CROOK, PAUL (GB)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

CN 1472353A

EP 1717330A1

US 20030215350A1

US 20110236252A1

審查人員：林春佳

申請專利範圍項數：8 項 圖式數：0 共 14 頁

(54)名稱

抗酸鹼之鎳-鉻-鉬-銅合金

ACID AND ALKALI RESISTANT NICKEL-CHROMIUM-MOLYBDENUM-COPPER ALLOYS

(57)摘要

本發明係關於一種對 93°C 下之 70% 硫酸及 121°C 下之 50% 氫氧化鈉具抗性之鎳-鉻-鉬-銅合金，其係用於廢棄物處理領域中之酸鹼中和；該合金含有 27 重量%至 33 重量%之鉻、4.9 重量%至 7.8 重量%之鉬、大於 3.1 重量%但不超過 6.0 重量%之銅、至多 3.0 重量%之鐵、0.3 重量%至 1.0 重量%之錳、0.1 重量%至 0.5 重量%之鋁、0.1 重量%至 0.8 重量%之矽、0.01 重量%至 0.11 重量%之碳、至多 0.13 重量%之氮、至多 0.05 重量%之鎂、至多 0.05 重量%之稀土元素，且其餘為鎳及雜質。

A nickel-chromium-molybdenum-copper alloy resistant to 70% sulfuric acid at 93°C and 50% sodium hydroxide at 121°C for acid and alkali neutralization in the field of waste management; the alloy contains, in weight percent, 27 to 33 chromium, 4.9 to 7.8 molybdenum, greater than 3.1 but no more than 6.0 copper, up to 3.0 iron, 0.3 to 1.0 manganese, 0.1 to 0.5 aluminum, 0.1 to 0.8 silicon, 0.01 to 0.11 carbon, up to 0.13 nitrogen, up to 0.05 magnesium, up to 0.05 rare earth elements, with a balance of nickel and impurities.

公告本**發明摘要**

※ 申請案號：102/05750

※ 申請日：102.2.19

※IPC 分類：C22C 1/65 (2006.01)

【發明名稱】

抗酸鹼之鎳-鉻-鉬-銅合金

ACID AND ALKALI RESISTANT NICKEL-CHROMIUM-
MOLYBDENUM-COPPER ALLOYS**【中文】**

本發明係關於一種對93℃下之70%硫酸及121℃下之50%氫氧化鈉具抗性之鎳-鉻-鉬-銅合金，其係用於廢棄物處理領域中之酸鹼中和；該合金含有27重量%至33重量%之鉻、4.9重量%至7.8重量%之鉬、大於3.1重量%但不超過6.0重量%之銅、至多3.0重量%之鐵、0.3重量%至1.0重量%之錳、0.1重量%至0.5重量%之鋁、0.1重量%至0.8重量%之矽、0.01重量%至0.11重量%之碳、至多0.13重量%之氮、至多0.05重量%之鎂、至多0.05重量%之稀土元素，且其餘為鎳及雜質。

【英文】

A nickel-chromium-molybdenum-copper alloy resistant to 70% sulfuric acid at 93°C and 50% sodium hydroxide at 121°C for acid and alkali neutralization in the field of waste management; the alloy contains, in weight percent, 27 to 33 chromium, 4.9 to 7.8 molybdenum, greater than 3.1 but no more than 6.0 copper, up to 3.0 iron, 0.3 to 1.0 manganese, 0.1 to 0.5 aluminum, 0.1 to 0.8 silicon, 0.01 to 0.11 carbon, up to 0.13 nitrogen, up to 0.05 magnesium, up to 0.05 rare earth elements, with a balance of nickel and impurities.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：(無)

【本代表圖之符號簡單說明】：

【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】

抗酸鹼之鎳-鉻-鉬-銅合金

ACID AND ALKALI RESISTANT NICKEL-CHROMIUM-
MOLYBDENUM-COPPER ALLOYS

相關申請案之交叉參考

本申請案主張2012年4月30日申請之美國臨時申請案第61/640,096號之權益。

【技術領域】

本發明大體上係關於非鐵合金組合物，且更特定言之關於鎳-鉻-鉬-銅合金，其提供對93℃下之70%硫酸之抗性與對121℃下之50%氫氧化鈉之抗性的有用組合。

【先前技術】

在廢棄物處理領域中，需要抗熱強酸及熱強苛性鹼之金屬材料。此係因為此等化學品用於中和彼此，產生較穩定且較低危害之化合物。在工業中所用之酸中，就所產生之數量而言硫酸為最重要的。在苛性鹼中，氫氧化鈉(苛性鈉)最常用。

某些鎳合金對強熱硫酸具極大抗性。其他鎳合金對熱強氫氧化鈉具極大抗性。然而，並無一者對兩種化學品均具充足抗性。

通常，合金含量高之鎳合金用於抵抗硫酸及其他強酸，抗性最大者為鎳-鉬及鎳-鉻-鉬合金。

另一方面，純鎳(UNS N02200/合金200)或合金含量低之鎳合金對氫氧化鈉抗性最大。當需要較高強度時，使用鎳-銅及鎳-鉻合金。特定言之，合金400 (Ni-Cu，UNS N04400)及600 (Ni-Cr，UNS N06600)

在氫氧化鈉中具有有良好的耐腐蝕性。

在發現本發明之合金期間，使用兩種關鍵環境，即93℃(200°F)下之70重量%硫酸及121℃(250°F)下之50重量%氫氧化鈉。已熟知70重量%硫酸對金屬材料極具腐蝕性，且在該濃度下，由於陰極反應發生變化(自還原變為氧化)故許多材料(包括鎳-銅合金)之抗性失效。50重量%氫氧化鈉為工業中使用最廣泛之濃度。在氫氧化鈉情況下，使用較高溫度以增加內部侵蝕(此化學品中鎳合金降解之主要形式)，從而增加後續橫切及金相檢驗期間量測之準確性。

在美國專利第6,764,646號中，Crook等人描述對硫酸及濕式製程磷酸具抗性之鎳-鉻-鉬-銅合金。此等合金需要銅在1.6重量%至2.9重量%範圍內，此含量低於抵抗93℃下之70%硫酸及121℃下之50%氫氧化鈉所需之含量。

Crook之美國專利第6,280,540號揭示含銅之鎳-鉻-鉬合金，其已以C-2000®合金形式商業化且與UNS 06200對應。與本發明之合金相比，此等合金含有較高鉬含量及較低鉻含量，且不具有上述腐蝕特徵。

Nishiyama等人之美國專利第6,623,869號描述針對高溫下之金屬粉化服務的鎳-鉻-銅合金，其最大銅含量為3重量%。此含量低於抵抗93℃下之70%硫酸及121℃下之50%氫氧化鈉所需之範圍。Nishiyama等人之較近期的美國專利申請公開案(US 2008/0279716及US 2010/0034690)描述用於抵抗金屬粉化及滲碳作用之其他合金。US 2008/0279716之合金與本發明之合金的不同之處在於其具有不超過3%之鉬限制。US 2010/0034690之合金屬於不同的類別，其為鐵基而非鎳基，且鉬含量為2.5%或小於2.5%。

【發明內容】

本發明之主要目標為提供能夠加工成鍛造產品(片材、板材、棒

材等)之合金，該等合金展現有用且難以理解之對93℃(200°F)下之70%硫酸之抗性與對121℃(250°F)下之50%氫氧化鈉之抗性的組合。已使用鎳基質、介於27重量%與33重量%之間的鉻、介於4.9重量%與7.8重量%之間的鉬及大於3.1重量%且至多6.0重量%之銅意外獲得此等高度理想之特性。

為能夠在熔融過程期間移除氧及硫，此等合金通常含有少量鋁及錳(在鎳-鉻-鉬合金中分別為至多約0.5重量%及1.0重量%)，且可能含有痕量鎂及稀土元素(至多約0.05重量%)。在吾等之實驗中，發現介於0.1重量%與0.5重量%之間的鋁含量及介於0.3重量%與1.0重量%之間的錳含量可產生成功的合金。

鐵為此等合金中最有可能之雜質，此係歸因於在同一爐中熔融之其他鎳合金的污染，且在無需添加鐵之彼等鎳-鉻-鉬合金中典型最大值為2.0重量%或3.0重量%。在吾等之實驗中，發現至多3.0重量%之鐵含量為可接受的。

在此等合金中亦有可能存在其他金屬雜質，此係歸因於爐污染及饋入材料中之雜質。本發明之合金應能夠耐受在鎳-鉻-鉬合金中通常遇到之含量下的此等雜質。另外，具有如此高之鉻含量的合金在不提取出一些氮氣的情況下不能空氣熔融。因此，在高鉻鎳合金中通常允許此元素最大含量為至多0.13重量%。

關於碳含量，在吾等之實驗中，成功的合金含有介於0.01重量%與0.11重量%之間的碳含量。出人意料的是，碳含量為0.002重量%之合金G不能加工成鍛造產品。因此，0.01重量%至0.11重量%之碳範圍為較佳的。

關於矽，0.1重量%至0.8重量%之範圍為較佳的，此係基於此範圍之各端點處之含量提供令人滿意之特性的事實。

【圖式簡單說明】

(無)

【實施方式】

上文所定義之組成範圍的發現涉及對廣泛範圍之鎳基組合物、不同鉻、鉬及銅含量之研究。此等組合物呈現於表1中。為進行比較，表1中包括用於抵抗70%硫酸或50%氫氧化鈉之商業合金之組成。

表1：實驗合金及商業合金之組成

合金	Ni	Cr	Mo	Cu	Fe	Mn	Al	Si	C	其他
A*	餘量	27	7.8	6.0	1.1	0.3	0.2	0.1	0.03	
B*	餘量	27	7.5	5.9	1.1	0.3	0.3	0.1	0.01	
C	餘量	28	7.3	3.1	1.1	0.3	0.3	0.1	0.01	
D	餘量	30	8.2	2.6	0.9	0.3	0.5	0.1	0.03	
E*	餘量	29	6.6	4.7	0.9	0.4	0.1	0.3	0.01	
F*	餘量	30	6.6	4.8	3.0	1.0	0.5	0.8	0.11	
G	餘量	29	6.6	4.8	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	0.002	
H*	餘量	31	4.9	5.9	0.9	0.5	0.4	0.3	0.03	
I*	餘量	31	5.2	4.5	1.2	0.4	0.4	0.3	0.04	
J	餘量	31	5.7	2.7	1.1	0.4	0.2	0.3	0.03	
K	餘量	31	5.0	10.0	1.0	0.4	0.4	0.3	0.03	
L	餘量	30	5.6	8.2	1.0	0.5	0.2	0.5	0.03	
M	餘量	31	8.9	2.5	1.0	0.5	0.2	0.4	0.03	
N	餘量	31	5.1	3.1	1.2	0.3	0.4	0.1	0.02	
O*	餘量	33	5.6	4.5	1.0	0.4	0.2	0.3	0.03	
P*	餘量	30	6.9	4.8	<0.05	0.4	0.3	0.4	0.03	
Q*	餘量	31	5.5	4.0	1.0	0.5	0.3	0.4	0.03	
R*	餘量	30	5.4	4.0	1.0	0.5	0.3	0.4	0.07	
S*	餘量	31	5.6	3.8	0.9	0.4	0.3	0.4	0.06	
200**	99.0 min (Ni+Co)	-	-	0.1	0.2	0.2	-	0.2	0.08	
400**	66.5 Ni+ 痕量Co	-	-	31.5	1.2	1.0	-	0.2	0.2	
600**	76.0	15.5	-	0.2	8.0	0.5	-	0.2	0.08	
C-4**	65.0	16.0	16.0	0.5最大	3.0最大	1.0最大	-	0.08最大	0.01最大	Ti 0.7最大
C-22**	56.0	22.0	13.0	0.5最大	3.0	0.5最大	-	0.08最大	0.01最大	W 3.0 V 0.35最大
C-276**	57.0	16.0	16.0	0.5最大	5.0	1.0最大	-	0.08最大	0.01最大	W 4.0 V 0.35最大
C-2000**	59.0	23.0	16.0	1.6	3.0最大	0.5最大	0.5最大	0.08最大	0.01最大	
G-30**	43.0	30.0	5.5	2.0	15.0	1.5最大	-	0.8最大	0.03最大	Co 5.0最大. Nb 0.8 W 2.5最大
G-35**	58.0	33.2	8.1	0.3最大	2.0最大	0.5最大	0.4最大	0.6最大	0.05最大	W 0.6最大

*指示本發明之合金

**指示標稱組成

在13.6 kg之熱規模(heat size)下，藉由真空感應熔融(vacuum

induction melting, VIM)接著電渣再熔融(electro-slag re-melting, ESR)製成實驗合金。將痕量鎳-鎂及/或稀土添加至VIM爐進料中,以幫助將實驗合金之硫及氧含量減至最少。將ESR錠均質化、熱鍛造並熱軋製成厚度3.2 mm之片材用於測試。出人意料的是,在鍛造期間合金中有三種(G、K及L)破裂極嚴重以致其不能熱軋製成用於測試之片材。對成功軋製為所需測試厚度之彼等合金進行退火試驗,以判定(藉由金相手段)最適合之退火處理。經判定在1121°C與1149°C之間的溫度下十五分鐘隨後用水淬火在所有情況下均為適當的。所有商業合金均在製造商建議之條件(所謂的「軋製退火(mill annealed)」條件)下測試。

對經量測為25.4×25.4×3.2 mm之樣品進行腐蝕測試。在腐蝕測試之前,使用120目砂紙手動研磨所有樣品之表面,以打磨掉可能影響耐腐蝕性之任何表面層及缺陷。在玻璃燒瓶/冷凝器系統中進行硫酸中之測試。在TEFLON系統中進行氫氧化鈉中之測試,因為氫氧化鈉侵蝕玻璃。對於硫酸測試使用96小時之時間,且每24小時中斷一次以能夠對樣品進行稱重,而對於氫氧化鈉測試則使用720小時之持續時間。在各環境中測試各合金之兩種樣品,且將結果取平均值。

在硫酸中,主要降解模式為均勻侵蝕,因此根據重量損失量測結果來計算平均腐蝕率。在氫氧化鈉中,主要降解模式為內部侵蝕,其為均勻侵蝕或侵蝕性較大之內部「去合金化」侵蝕形式。去合金化通常係指某些元素(例如鋁)自合金中浸出,其亦往往使機械特性降低。最大內部侵蝕僅可藉由剖切樣品及對其進行金相研究來量測。表2中所呈現之值表示合金橫截面中最大內部穿透率之量測值。

對兩種環境中之測試結果均應用0.5 mm/y之通過/失敗準則(一般公認之工業服務限度)。

表2顯示本發明之合金在93°C下工業上適用之70%硫酸中腐蝕率

足夠低，且在121℃下之50%氫氧化鈉中展現與顯著小於0.5 mm/y對應之內部穿透率。有趣的是，與鉬含量高之鎳-鉻-鉬合金(C-4、C-22、C-276及C-2000)不同，本發明之合金中無一者展現去合金化形式之腐蝕侵蝕。認為合金C為93℃下之70%硫酸中之分界線，表明3.1重量%之銅含量過低(即使合金N，具有類似銅含量但鉻含量較高，亦以較低速率腐蝕)。大於3.1重量%但不超過6.0重量%之較佳銅範圍係分別基於合金C及A之結果。銅含量較高之合金K及L不能鍛造。

鉻範圍係基於合金A及O之結果(含量分別為27重量%及33重量%)。鉬範圍係基於合金H及A之結果(含量分別為4.9重量%及7.8重量%)及美國專利第6,764,646號之建議，該專利表明低於4.9重量%之鉬含量對鎳-鉻-鉬-銅合金之一般腐蝕不提供充足抗性。此對於含有其他化學品之中和系統而言為重要的。

出人意料的是，當省去鐵、錳、鋁、矽及碳(合金G)時，合金不能鍛造。為進一步判定鐵之影響，將未故意添加鐵之合金P熔融。合金P成功地熱鍛造及熱軋製之事實表明錳、鋁、矽及碳之存在對此等合金之成功鍛造加工很關鍵。另外，由腐蝕觀點來看，合金P中不存在鐵為無害的，因為該合金在兩種腐蝕介質中均顯示極佳效能。

表2：實驗合金及商業合金之腐蝕測試結果

合金	96小時內93℃下 之70% H ₂ SO ₄ 中之 腐蝕率 (mm/y)	720小時內121℃下 50% NaOH中之侵蝕 模式	720小時內121℃下之50% NaOH中之最大內部穿透率 (微米)	說明
A*	0.44	GC	10 [相當於0.12 mm/y]	
B*	0.32	GC	15 [相當於0.18 mm/y]	
C	0.48	GC	15 [相當於0.18 mm/y]	H ₂ SO ₄ 中之分界線
D	0.64	GC	10 [相當於0.12 mm/y]	
E*	0.35	GC	11 [相當於0.13 mm/y]	
F*	0.30	GC	12 [相當於0.15 mm/y]	
G	-	-	-	不能處理
H*	0.34	GC	20 [相當於0.24 mm/y]	
I*	0.42	GC	8 [相當於0.10 mm/y]	
J	1.09	GC	10 [相當於0.12 mm/y]	
K	-	-	-	不能處理
L	-	-	-	不能處理
M	0.53	GC	17 [相當於0.21 mm/y]	
N	0.42	GC	15 [相當於0.18 mm/y]	
O*	0.40	GC	8 [相當於0.10 mm/y]	
P*	0.40	GC	13 [相當於0.16 mm/y]	
Q*	0.39	GC	10 [相當於0.12 mm/y]	
R*	0.41	GC	10 [相當於0.12 mm/y]	
200	2.60	GC	13 [相當於0.16 mm/y]	
400	2.03	GC	14 [相當於0.17 mm/y]	
600	7.20	GC	13 [相當於0.16 mm/y]	
C-4	0.94	去合金化	69 [相當於0.84 mm/y]	
C-22	0.94	去合金化	64 [相當於0.78 mm/y]	
C-276	0.50	去合金化	58 [相當於0.71 mm/y]	
C-2000	0.37	去合金化	38 [相當於0.46 mm/y]	NaOH中之分界線
G-30	0.98	GC	8 [相當於0.10 mm/y]	
G-35	9.13	GC	8 [相當於0.10 mm/y]	

*指示本發明之合金

GC—一般腐蝕

關於合金化元素之影響的觀測結果如下：

鉻(Cr)為主要合金化元素，已知其改良鎳合金在氧化性酸中之效能。已顯示在27重量%至33重量%之範圍中其可提供針對70%硫酸及50%氫氧化鈉之所需耐腐蝕性。

鉬(Mo)亦為主要合金化元素，已知其增強鎳合金在還原性酸中之耐腐蝕性。在4.9重量%至7.8重量%之範圍中，其促成本發明之合金在70%硫酸及50%氫氧化鈉中之優越效能。

銅(Cu)在大於3.1重量%但不超過6.0重量%之含量下且與上述含

量之鉻及鉬組合所產生的合金具有不尋常且出人意料的抗酸鹼性，該酸及鹼係呈93℃下之70%硫酸及121℃下之50%氫氧化鈉之形式。

鐵(Fe)為鎳合金中之常見雜質。已發現至多3.0重量%之鐵含量在本發明之合金中為可接受的。

錳(Mn)用於使此等合金中之硫減至最少，且發現介於0.3重量%與1.0重量%之間的含量產生成功的合金(由加工及效能觀點來看)。

鋁(Al)用於使此等合金中之氧減至最少，且發現介於0.1重量%與0.5重量%之間的含量產生成功的合金。

矽(Si)在耐腐蝕性鎳合金中通常不需要，但在氫-氧去碳化(針對在空氣中熔融之彼等合金)期間引入。發現少量矽(0.1重量%至0.8重量%範圍內)為本發明之合金所必需的，以確保可鍛造性。

同樣，碳(C)在耐腐蝕性鎳合金中通常不需要，但在碳弧熔融(針對在空氣中熔融之彼等合金)期間引入。發現少量碳(0.01重量%至0.11重量%範圍內)為本發明之合金所必需的，以確保可鍛造性。

此等合金中往往包括痕量鎂(Mg)及/或稀土元素以便控制非吾人所樂見之元素，例如硫及氧。因此，對於本發明之合金中的各種此等元素而言，至多0.05重量%之通常範圍為較佳的。

氮(N)係容易地由熔融狀態之高鉻鎳合金吸收，且在此類合金中通常允許此元素之最大含量為0.13重量%。

由來自先前使用之爐襯或饋入原料內之污染所造成的可能出現於此等合金中之其他雜質包括鈷、鎢、鈮(鈰)、鈦、釩、鉭、硫、磷、氧及鈣。

與其他高鉻鎳合金有關之先前技術(美國專利第6,740,291號，Crook)表明此類合金中雜質鈷及鎢之含量分別可容許在至多5重量%及0.65重量%之含量下。此外，美國專利第6,740,291號闡明促進氮化物及其他第二相形成之雜質鈮、鈦、釩及鉭應保持在小於0.2重量%之

低含量下。美國專利第6,740,291號中亦定義硫(至多0.015重量%)、磷(至多0.03重量%)、氧(至多0.05重量%)及鈣(至多0.05重量%)的可接受之雜質含量。認為此等雜質限度適合於本發明之合金。

儘管所測試之樣品係呈鍛造片材形式，但呈其他鍛造形式(諸如板材、棒材、管材及線材)及呈澆鑄及粉末冶金形式之合金亦將展現類似的特性。另外，本發明之合金不限於涉及酸及鹼之中和的應用。實際上，其在化學製程行業中可具有更廣泛的應用，且鑒於其高鉻含量及銅之存在應可用於抵抗金屬粉化。

鑒於需要使此等合金之耐腐蝕性最大化，同時最佳化其微結構穩定性(從而易於鍛造加工)，預期理想合金將包含31重量%之鉻、5.6重量%之鉬、3.8重量%之銅、1.0重量%之鐵、0.5重量%之錳、0.3重量%之鋁、0.4重量%之矽及0.03重量%至0.07重量%之碳，且其餘為鎳、氮、雜質及痕量鎂及稀土元素(若用於控制硫及氧)。實際上，已將具有此較佳標稱組成之兩種合金(Q及R)成功地熔融、熱鍛造並軋製成片材。如表2中可見，合金Q與R在所選腐蝕介質中均展現極佳耐腐蝕性。此外，在此目標標稱組成之情況下，已將生產規模熱(13,608 kg)之合金S成功地熔融並軋製，從而證實該合金具有極佳可成形性。相應範圍(熔融車間操作之典型)將為30重量%至33重量%之鉻、5.0重量%至6.2重量%之鉬、3.5重量%至4.0重量%之銅、至多1.5重量%之鐵、0.3重量%至0.7重量%之錳、0.1重量%至0.4重量%之鋁、0.1重量%至0.6重量%之矽及0.02重量%至0.10重量%之碳，且其餘為鎳、氮、雜質及痕量鎂及稀土元素(若用於控制硫及氧)。

【符號說明】

(無)

申請專利範圍

1. 一種對 93℃ 下之 70% 硫酸及 121℃ 下之 50% 氫氧化鈉具抗性之鎳-鉻-鉬-銅合金，其基本上由以下組成：
 - 27 重量%至 33 重量%之鉻
 - 4.9 重量%至 7.8 重量%之鉬
 - 3.5 重量%至 6.0 重量%之銅
 - 至多 3.0 重量%之鐵
 - 0.3 重量%至 1.0 重量%之錳
 - 0.1 重量%至 0.5 重量%之鋁
 - 0.1 重量%至 0.8 重量%之矽
 - 0.01 重量%至 0.11 重量%之碳
 - 至多 0.13 重量%之氮
 - 至多 0.05 重量%之鎂
 - 至多 0.05 重量%之稀土元素
 - 且其餘為鎳及雜質。
2. 如請求項 1 之鎳-鉻-鉬-銅合金，其中該等雜質包含一定含量之鈷、鎢、鈮(鈮)、鈦、釩、鉭、硫、磷、氧及鈣中之至少一者。
3. 如請求項 1 之鎳-鉻-鉬-銅合金，其中該等合金係呈選自由以下組成之群的鍛造形式：片材、板材、棒材、線材、管材、管筒及鍛件。
4. 如請求項 1 之鎳-鉻-鉬-銅合金，其中該合金係呈澆鑄形式。
5. 如請求項 1 之鎳-鉻-鉬-銅合金，其中該合金係呈粉末冶金形式。
6. 一種對 93℃ 下之 70% 硫酸及 121℃ 下之 50% 氫氧化鈉具抗性之鎳-鉻-鉬-銅合金，其基本上由以下組成：
 - 30 重量%至 33 重量%之鉻

5.0重量%至6.2重量%之鉬
 3.5重量%至4.0重量%之銅
 至多1.5重量%之鐵
 0.3重量%至0.7重量%之錳
 0.1重量%至0.4重量%之鋁
 0.1重量%至0.6重量%之矽
 0.02重量%至0.10重量%之碳
 至多0.13重量%之氮
 至多0.05重量%之鎂
 至多0.05重量%之稀土元素
 且其餘為鎳及雜質。

7. 一種對93℃下之70%硫酸及121℃下之50%氫氧化鈉具抗性之鎳-鉻-鉬-銅合金，其基本上由以下組成：

31重量%之鉻
 5.6重量%之鉬
 3.8重量%之銅
 1.0重量%之鐵
 0.5重量%之錳
 0.4重量%之矽
 0.3重量%之鋁
 0.03重量%至0.07重量%之碳
 且其餘為鎳、氮、雜質及痕量鎂。

8. 一種對93℃下之70%硫酸及121℃下之50%氫氧化鈉具抗性之鎳-鉻-鉬-銅合金，其基本上由以下組成：

31重量%之鉻
 5.6重量%之鉬

3.8重量%之銅

1.0重量%之鐵

0.5重量%之錳

0.4重量%之矽

0.3重量%之鋁

0.03重量%至0.07重量%之碳

且其餘為鎳、氮、雜質、痕量鎂及稀土元素。
