

PHASE FORMATION PROCESSES IN ALLOYS OF THE Ni-Cr-Al SYSTEM ALLOYED WITH YTTRIUM HYDRIDE

A.V. Paustovsky, R.A. Alfintseva, V.V. Pohorelaya⁽¹⁾, V.M. Vereshchak, T.V. Kurinnaya

I.Frantsevych Institute for Problems of Materials Science of the National Academy of Science of Ukraine 3 Krzhyzhanovsky st., Kyiv, 03142, Ukraine

⁽¹⁾Kurdyumov Institute for Metal Physics of National Academy of Science of Ukraine 36 Vernadsky st., Kyiv, 03142, Ukraine

Nickel-based alloys, used at temperatures of 1000°-1100° C in aggressive media and under big contact loading, contain yttrium and rare earth elements as additives. Using yttrium hydrides and rare earth elements in the form of powder has made it possible to produce nickel-based high alloys for various applications.

In this work, the structure and phase composition of the Ni-Cr-Al system in the region of triphase $\alpha + \beta + \gamma$ eutectic alloyed with 2 mass % of yttrium have been investigated. It has been known [1] that in the Cr-Ni-NiAl region of the system phase diagram, a triphase eutectic $L \leftrightarrow \alpha + \beta + \gamma$ transformation occurs.

Information, however, on the chemical composition of this eutectic is discrepant [1,2]. Based on the investigation carried out, the alloy composition which is the closest to the eutectic one has been established (mass %) : Ni – 50.7; Cr – 38.8; Al – 9.0. Such an alloy was alloyed with 2 % of yttrium by melting in an arc furnace in an inert atmosphere or by hot pressing of mechanical mixtures from nickel, chromium, and aluminum powders. Yttrium was introduced in the form of YH₂ powder with a dispersity of under 5 μ m. The technique of hot pressing of Ni-Cr-Al alloys is described in [3]. The phase composition and structure of cast and hot-pressed alloys were studied by optic microscopy. A differential thermal analysis was performed using the VDTA-8MZ unit designed in the Kurdyumov Institute for Metal Physics of National Academy of Science of Ukraine. An X-ray diffraction analysis was carried out on a DRON-3M unit with filtered K α - copper radiation. An X-ray spectral microanalysis was performed on a “Comebax SX – 50” apparatus.

In cast alloys, a structure of triphase eutectic was detected, which consists of a nickel-based γ -solid solution, a chromium-based α - solid solution, and β -solid solution on the base of the intermetallic compound NiAl. Along the boundaries of the triphase $\alpha + \beta + \gamma$ eutectic, a biphasic eutectic is located which consists of the nickel-based γ -solid solution and the intermetallic phase Y₂Ni₁₇. In accordance with the differential thermal analysis data, the melting

temperatures of biphasic and triphasic eutectics are equal to 1175° and 1267° C, respectively (Fig. 1a).

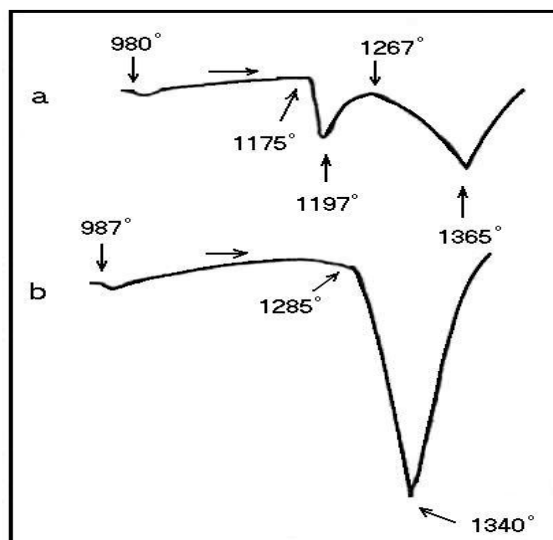


Fig. 1. Thermographs of cast (a) and hot-pressed (b) eutectic Ni-Cr-Al alloy alloyed with (mass %) 2 % Y (a) and 2 % YH₂ (b)

As distinct from this, hot-pressed alloys are characterized by a single thermal effect at 1285° C (Fig. 1b). The phase composition of hot-pressed alloys is formed during sintering of powder mixtures. Under heating and holding at 1200° C for 40 min, there occurs the formation of α , γ and β -phases of solid solutions with grain structure. During sintering, yttrium hydride dissociates, forming monatomic yttrium. The interaction of the yttrium with impurities absorbed on the surfaces of powder particles yields complex oxides and oxynitrides. Micro X ray spectral microanalysis showed that yttrium in a cast alloy is distributed nonuniformly in the form of large conglomerates, which compose the eutectic (Fig. 2a). In hot-pressed alloys (2b), yttrium-containing oxides and oxynitrides are distributed uniformly in the volume of a specimen, forming a dispersionly strengthened structure.

From the cast and hot-pressed alloys, electrodes for spark alloying of steel 45 were made using an EFI-46 unit under the following conditions:

vibrator oscillation frequency 100 Hz, short circuit current 1.5 A, specific treatment time 10 min/cm.

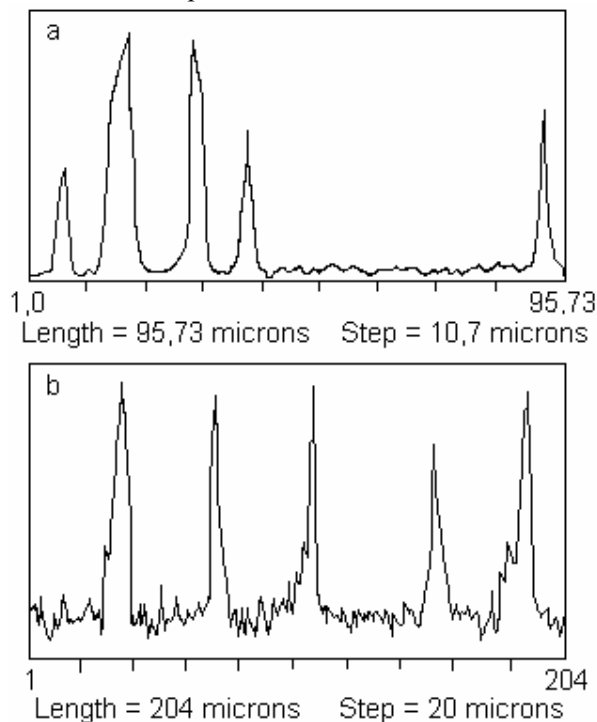


Fig. 2. Yttrium distribution in cast (a) and hot-pressed (b) Ni-Cr-Al-Y alloys

The erosion of cast alloy anode attained a value of $13.6 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$, which exceeded the hot-pressed anode erosion. Such high values are due to peculiarities of the structure of the cast alloy anode. The presence of biphasic and triphasic eutectics, containing intermetallic phases in the form of large colonies (conglomerates), promotes brittle destruction of the anode during alloying. The products of the destruction in solid state are not fixed on the cathode, which results in loss of

material. Therefore, the gain in cathode weight decreases and, accordingly, the coefficient of mass transfer also decreases. Under alloying with hot-pressed alloy, the anode erosion decreases due to the absence of the structure of cast eutectic, the character of anode destruction changing, the content of solid phase in erosion products decreasing. As a result, the coefficient of mass transfer during alloying with a hot-pressed alloy is higher for all the time of alloying than that during alloying with a cast alloy.

Conclusion

The use of the yttrium hydride YH_2 as an additive to Ni-Cr-Al alloy powder with the eutectic composition results in the absence of eutectic colonies in alloy structure. During alloying of powder mixtures with yttrium hydride, inclusions of yttrium transform into oxides which uniformly distribute throughout the alloy volume. The anode structure obtained promotes an increase in the coefficient of mass transfer during spark alloying of steel 45.

References

1. Taylor A., Floud R. W. The constitution of nickel-rich alloys of the nickel-chromium-aluminium system // *J. Inst. Met.*— 1953.— v. 81, № 9.— P. 450
2. Kornilov I.I., Mints R.S. The investigation of Ni-Cr-Al system // *J. Inorganic Chem.*— 1958.— v. 3, Number 3.— P. 699
3. Alfintseva R.A., Brodnikovskiy N.N, Laptev A.V. et al. The investigation of the properties of Ni-Cr-Al alloys obtained by powder metallurgy method // *Powder metallurgy.*— 2003.— № 3/4.— PP. 67–74.

ПРОЦЕССЫ ФАЗООБРАЗОВАНИЯ В СПЛАВАХ СИСТЕМЫ Ni-Cr-Al ЛЕГИРОВАННЫХ ГИДРИДАМИ ИТТРИЯ

Паустовский А.В., Алфинцева Р.А., Погорелая В.В.⁽¹⁾, Верещак В.М., Куринная Т.В.

Институт проблем материаловедения НАН Украины, ул.Кржижановского,3,Киев,03142

⁽¹⁾Институт металлофизики НАН Украины,бул.Вернадского, 36, Киев, 03142 Украина

Сплавы на основе никеля, предназначенные для работы при температурах 1000-1100 °С, в агрессивной среде и при больших контактных нагрузках, как правило, содержат в качестве легирующих компонентов иттрий или редкоземельные элементы. Использование гидридов иттрия и редкоземельных элементов в порошкообразном виде дало возможность получать высоколегированные сплавы на основе никеля различного функционального назначения.

В работе исследованы структура и фазовый состав системы Ni-Cr-Al из области тройной эвтектики $\alpha+\gamma+\beta$, легированной 2мас.% иттрия. Известно [1], что на участке тройной диаграммы Cr-Ni-NiAl имеет место четырехфазное эвтектическое превращение $L \leftrightarrow \alpha+\gamma+\beta$.

Однако, сведения [1,2] о химсоставе этой эвтектики неоднозначны. На основе проведенных в работе исследований был установлен состав сплава наиболее близкий к эвтектическому: Ni - 50,7; Cr- 38,8; Al - 9,0. Этот сплав легированный 2 мас.% иттрия был получен плавкой в электродуговой печи в инертной среде и методом горячего прессования механической смеси порошков никеля, хрома и алюминия. Иттрий вводился в виде порошка гидрида YH_2 дисперсностью не более 5 мкм. Технология горячего прессования сплавов системы Ni-Cr-Al приведена в работе [3]. Фазовый состав и структурное состояние литого и горячепрессованного сплава исследовались методом оптической микроскопии. Дифференциальный термический анализ выполнялся на установке ВДТА-8МЗ, разработанной в ИМФ им. Г.В.Курдюмова НАНУ. Рентгеновские исследования выполнялись на установке "Дрон-3М" с использованием фильтрованного K_{α} -излучения меди. Микрорентгеноспектральный анализ выполнен на приборе "Сомебах SX - 50".

В литом сплаве наблюдается структура тройной эвтектики, состоящая из γ - твердого раствора на основе никеля, α -твердого раствора на основе хрома, а также β - твердого раствора на основе интерметаллида NiAl. По

границам колоний тройной эвтектики ($\alpha+\gamma+\beta$) располагается двойная эвтектика, состоящая из γ - твердого раствора на основе никеля и интерметаллидной фазы Y_2Ni_{17} . По данным дифференциального термического анализа температура плавления двойной эвтектики равна 1175 °С, температура плавления тройной эвтектики равна 1267 °С (рис. 1а).

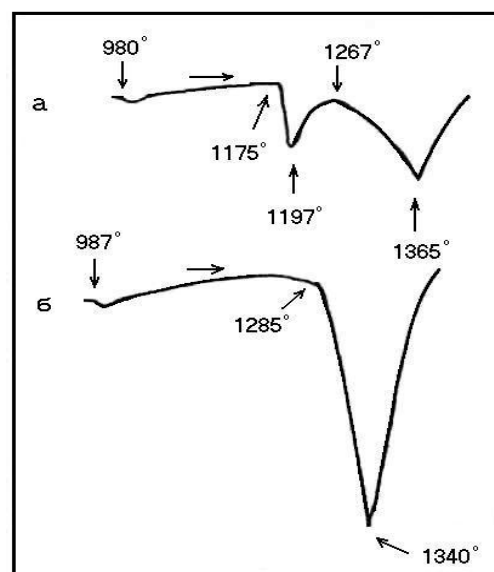


Рис.1. Термограммы литого (а) и горячепрессованного (б) эвтектического сплава Ni-Cr-Al легированного 2 мас.%Y (литой, а), 2 мас.% YH_2 (горячепрессованный, б).

Горячепрессованный сплав в отличие от литого характеризуется одним термическим эффектом при 1285 °С (рис.1б). Фазовый состав горячепрессованного сплава формировался в процессе спекания смеси порошков. При нагреве и выдержке при 1200 °С в течение 40 мин. произошло образование фаз α , γ и β твердых растворов, обладающих зернистой структурой. Гидрид иттрия в процессе спекания диссоциировал с образованием иттрия в атомарном состоянии. Иттрий, взаимодействуя с примесями внедрения адсорбированными на поверхности частиц порошка, образует комплексные оксиды и оксинитриды. Микрорентгеноспектральный анализ показал, что иттрий в литом сплаве распределен неравномерно, в

виде крупных конгломератов, составляющих эвтектику (рис.2а).

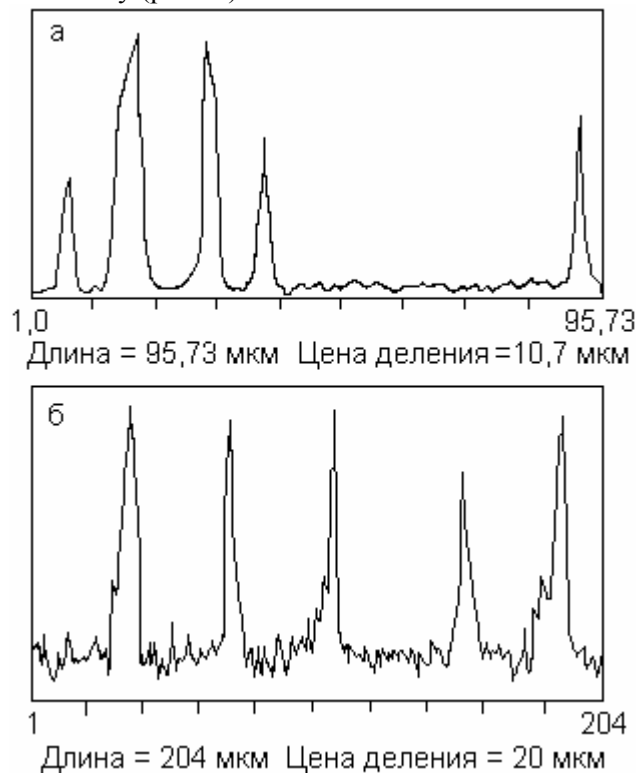


Рис.2. Распределение иттрия в литом (а) и в горячепрессованном (б) сплаве Ni-Cr-Al-Y.

Из литого и горячепрессованного сплава Ni-Cr-Al-Y были изготовлены электроды для электроискрового легирования (ЭИЛ) стали 45 на установке ЭФИ-46А в режиме: частота колебаний вибратора 100Гц, сила тока короткого замыкания 1,5А, удельное время обработки 10 мин/см².

Исследованы кинетические кривые эрозии анода, привеса катода, а также значения коэффициента массопереноса материала анода на катод с использованием электродов в литом и горячепрессованном состоянии.

Эрозия анода из литого сплава достигает значения $13,6 \times 10^{-3}$ г/см³, что превышает эрозию анода в горячепрессованном состоянии. Высокие значения эрозии литого анода обусловлены характером его структуры. Присутствие в литом сплаве двойной и тройной эвтектики, содержащей интерме-

таллидные фазы в виде крупных колоний конгломератов), способствует хрупкому разрушению анода в процессе легирования. Продукты разрушения в твердом состоянии не закрепляются на катоде, что приводит к потере материала. В связи с этим привес катода уменьшается, соответственно снижается и коэффициент переноса вещества. При легировании горячепрессованным сплавом эрозия анода уменьшается, т.к. в нем отсутствует структура литой эвтектики. Характер разрушения анода в этом случае меняется, в продуктах эрозии количество твердой фазы уменьшается. В связи с этим коэффициент массопереноса материала при легировании горячепрессованным сплавом на всем протяжении легирования превышает значения коэффициента массопереноса при легировании литыми сплавами.

Выводы

Применение гидроксида иттрия YH₂ в качестве легирующей добавки к порошковым сплавам Ni-Cr-Al эвтектического состава обуславливает отсутствие в его структуре эвтектических колоний. При легировании гидридом иттрия порошковой смеси в процессе спекания образуются включения иттрия в виде оксидов, равномерно распределенных по объему сплава. Полученная структура анода способствует увеличению коэффициента массопереноса вещества в процессе электроискрового легирования стали 45.

Литература

1. Taylor A., Floud R.W. The constitution of nickel-rich alloys of the nickel-chromium-aluminium system // J.Inst.Met., 1953, v.81, N9, p. 450.
2. Корнилов И.И., Минц Р.С. Исследование системы Ni-Cr-NiAl // ЖНХ, 1958, т.3, вып.3. с.699.
3. Алфинцева Р.А., Бродниковский Н.П., Лаптев А.В и др. Исследование свойств сплавов Ni-Cr-Al, полученных методом порошковой металлургии // Порошковая металлургия.— 2003.— №3/4.— С. 67–74.