

ИРИДИЙ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕЛЬНОШТАМПОВАННЫХ ТИГЛЕЙ

Фомин А.А.

Руководитель – профессор, д.т.н. Логинов Ю.Н.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н.Ельцина», г. Екатеринбург,
unl@mtf.ustu.ru

Целью работы является выявление особенностей обработки иридия в условиях конкретных технологических возможностей ОАО «Екатеринбургский завод ОЦМ». Иридий мог бы заменить платину в качестве материала для изготовления элементов тиглей, работающих при высокой температуре и агрессивных средах.

Иридий был открыт в 1803 году английским химиком Смитсоном Теннантом в сотрудничестве с Уильямом Х. Уолластоном. Название (др. греч. ἶρις – радуга) он получил благодаря разнообразной окраске своих солей [6]. Сочетание таких качеств, как высокая температура плавления и наивысшая среди металлов химическая инертность, делает его наиболее подходящим конструкционным материалом для работы в агрессивных средах и при повышенных температурах вплоть до 2200 °С [2].

Иридий, из-за сильного упрочнения и склонности к разрушению в поликристаллическом состоянии, с трудом поддается механической обработке давлением [7, 8]. Значительное количество научных работ было посвящено выявлению причин разрушения, в частности, выявлено, что оно носит межзеренный характер. В России большую роль в организации этих исследований сыграло сотрудничество Уральского федерального университета и ОАО «Екатеринбургский завод ОЦМ» [9, 10, 11].

В ряде работ отмечается роль фактора анизотропии в описании пластической деформации и характера возможного разрушения [12, 13], а

⁶ Hunt L.B. A History of Iridium. Platinum Metals Review. 1987. V. 31. №1. P. 32-41

⁷ Тимофеев Н.И., Ермаков А.В., Дмитриев В.А., Панфилов П.Е. Основы металлургии и технологии производства изделий из иридия. Екатеринбург: УрО РАН, 1996. 120 с.

⁸ Hecker S.S., Rohr D.L., Stein D.F. Brittle fracture in iridium. Metall. Trans.A 1978. V. 9, № 4. P. 481 – 488.

⁹ Panfilov P., Yermakov A. Brittle intercrystalline fracture in iridium. Platinum Metals Review. 2001. V. 45, № 4. P. 179–183.

¹⁰ Панфилов П.Е., Ермаков А.В. Причины хрупкости иридия. Цветная металлургия. 2001, том 12, № 10. С. 37–38

¹¹ Yermakov A., Panfilov P., Adamesku R. The main features of plastic deformation of iridium single crystals. J. Mater. Sci. Lett. 1990, V. 9. P. 696-697.

¹² Brookes C.A., Greenwood J.H., Routbort J.L. The high temperature tensile properties of iridium single crystals. J. Inst. Metals. 1970. V. 98. P. 27 – 31.

также роль микролегирования и примесей [14, 15, 16]. Холодная деформация иридия не позволяет получить качественные изделия из-за низкой его пластичности при комнатной температуре, что приводит к растрескиванию при относительно небольшой растягивающей деформации. Поэтому обработку иридия давлением проводят при температурах не ниже 1000 °С. Свойства иридия при высоких температурах изучались в работе [17]. На рис. 1 показаны результаты высокотемпературных испытаний отожженной иридиевой проволоки [18].

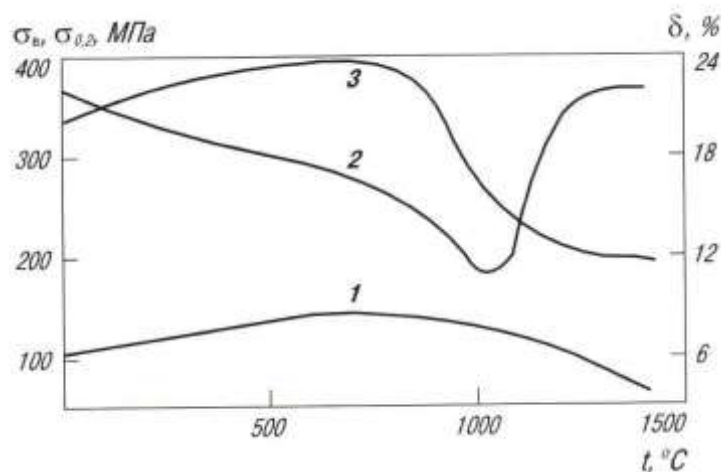


Рис. 1. Зависимости условного предела текучести $\sigma_{0,2}$ (1), предела прочности σ_B (2) и относительного удлинения δ (3) от температуры

Технология производства заготовок для изготовления элементов тиглей имеет варианты. Порошковая металлургия делает возможным получение не только бесшовного дна для тиглей, но и бесшовного иридиевого тигля целиком, который при этом имеет мелкозернистую и

13 Panfilov P., Novgorodov V., Yermakov A. Fracture behaviour of polycrystalline iridium under tension in the temperature range 20-1500°C. J. Mater. Sci. Lett. 1994. V. 13. P. 137-141.

14 Патент США US7666352. Iridium-based alloy with high heat resistance and high strength and process for producing the same/ Патентообладатель JAPAN SCIENCE & TECH AGENCY. Авторы Ishida Kiyohito, Kainuma Ryosuke и др. МПК C22C1/00, C22C5/04. Оpubл. 23.02.2010. Приоритет 09.02.2006

15 Патент Китая CN102206769. Iridium alloy material and application thereof. Патентообладатель Kunming Fullrolling Technology Dev Co Ltd. Авторы Chuan Zhou, Juquan Xie. МПК C22C30/00, C22C5/04, H01T13/39. Оpubл. 05.10. 2011. Приоритет 11.04.2011

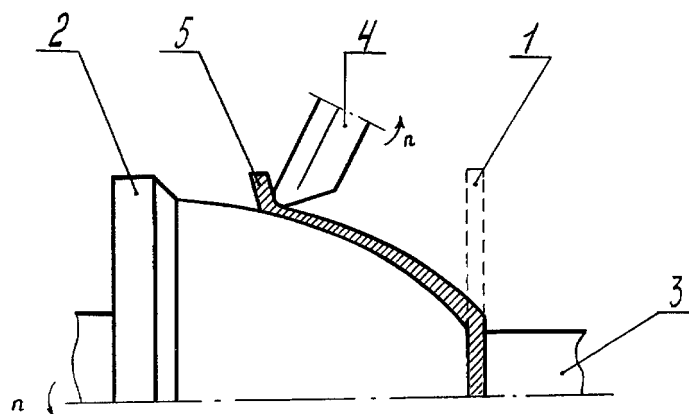
16 George E.P., McKamey C.G., Ohriner E.K., Lee E.H. Deformation and fracture of iridium: microalloying effects. Mater. Sci. Eng.-2001. V. 319-321. P. 466 – 470

17 Mordike B.L., Brookes C.A. The tensile properties of iridium at high temperatures. Platinum Metals Rev. 1960.V. 4, № 3. P. 94 – 99,

18 Ермаков А. В., Седавных А. В., Гроховская Л. Г. Изготовление изделий из иридия методами пластической деформации и результаты их эксплуатации, Цветные металлы, № 9-10, 2001. С. 49-55

аморфную структуру. Кроме того, этот метод позволяет экономично получать тигли любого размера. Суть этого метода можно рассмотреть на примере патента компании Heraeus (Германия) [19]. В качестве исходного материала для получения иридиевого тигля используется мелкозернистый порошок. Этот порошок прессуют изостатически в холодном состоянии под давлением примерно 230 МПа на оправке из нержавеющей стали. После снятия порошковой заготовки с оправки, ее помещают в установку для вакуумного спекания и подвергают спеканию в четыре этапа при последовательно возрастающих температурах.

При изготовлении собственно тиглей применяют приемы глубокой вытяжки или ротационной вытяжки. Ротационная вытяжка также носит название давяльно-раскатной обработки. Схема этого процесса представлена на рис. 2. Принцип данного метода – обработка металла давлением при высокоскоростном вращении раскаткой формирующими роликами (или давяльниками) листового металла вокруг оправки. Заготовкой обычно служит круглая пластина (диск), которая прижимается к оправке, закрепленной в приводе станка. Оправка вместе с заготовкой вращается с большой скоростью. Рабочий инструмент оказывает давящее усилие, в месте контакта инструмента и заготовки локализуется пластическая деформация, что заставляет металл течь вдоль оправки. При смещении слоя металла вдоль оси вращения уменьшается толщина стенки и, как следствие, увеличивается длина заготовки.



1 – заготовка, 2 – оправка, 3 – прижим, 4 – ролик (давяльник), 5 – деталь

Рис. 2. Схема ротационной вытяжки

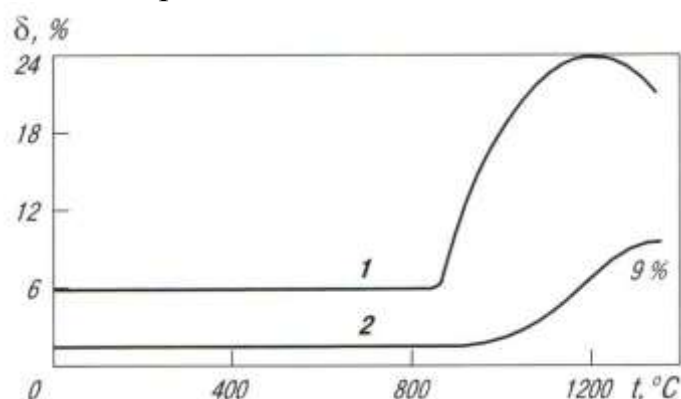
В опытных работах на ОАО «Екатеринбургский завод ОЦМ» методом ротационной вытяжки получен опытный иридиевый тигель с бесшовным дном толщиной 0,5 мм (рис. 3). Вытяжка иридиевой заготовки

19 Патент Великобритании № 2142935 / Патентообладатель HERAEUS GMBH W C. Авторы ALDINGER F., BECKER W. МПК В22F3/10, С22С1/04, С30В35/00. Оpubл. 30.01.1985. Приоритет 14.08.1982

происходила в горячем состоянии, нагрев осуществлялся пламенем газовой горелки в месте контакта давилника с заготовкой до температуры белого свечения. Полученный тигель обладал не очень высоким качеством. На месте изгиба дна были обнаружены микротрещины, на сварном шве была обнаружена макротрещина. Кроме того, микроструктурный анализ показал, что в сварном шве зерно было достаточно крупное. Так как данный тигель не вызвал коммерческого интереса, и процесс его изготовления оказался трудоемким, опыты были прекращены.



Рис. 3. Внешний вид иридиевого тигля с бесшовным дном, полученного ротационной вытяжкой



1 – металл высокой химической чистоты, 2 – металл технической чистоты

Рис. 4. Относительное удлинение кристаллического иридия при испытаниях на разрыв

Для получения качественных изделий из иридия в конце 90-х годов прошлого века были проведены исследования опытной технологии горячей вытяжки в интервале температур 1000-1200 °С с контролем температуры в процессе деформации [13]. Температурный интервал был выбран исходя из результатов испытания поликристаллического иридия на разрыв (рис. 4). Для осуществления контролируемого по температуре деформации процесса горячей вытяжки вытяжную матрицу и детали оснастки, примыкающие к ней, подогревали до температуры 350-400 °С, чтобы избежать резкого охлаждения заготовки при контакте с матрицей.

Для нагрева матрицы и оснастки использовали специальную печь, которую устанавливали снаружи оснастки. Листовую заготовку нагревали рядом с прессом, до температуры 1300-1350 °С.

Плоские цилиндрические заготовки диаметром $D = 115$ мм и толщиной $S = 2$ мм из поликристаллического листового иридия имели твердость по Виккерсу $HV_{10} = 250$. При осмотре заготовок в микроскопе наблюдались крупные зерна различных размеров с развитыми границами. Боковая поверхность не имела видимых трещин и пор. Процесс глубокой вытяжки осуществлялся с коэффициентом вытяжки 0,91 и относительной толщиной $S/D = 0,0183$, степень деформации примерно 11 %. После экспериментов дно тигля имело размеры: $D = 104,6$ мм и высоту 20 мм при радиусе закругления 9 мм и не имело трещин в зоне радиусов.

Таким образом, выполненный анализ литературных источников показал, что горячая деформация иридиевых заготовок методом глубокой вытяжки в указанном диапазоне температур позволяет получить качественные изделия из поликристаллического иридия даже при значительных растягивающих напряжениях, характерных для этого процесса.