

УДК 539.52:718

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Академик В. И. СПИЦЫН, | Ю. Н. ГОЛОВАНОВ |, О. А. БАЛАХОВСКИЙ,
А. А. ЦВЕТАЕВ

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕХНЕЦИЯ

Практическое использование металлического технеция, получаемого из смеси продуктов деления урана, во многом зависит от его физических, химических и механических свойств. Механические свойства технеция до сих пор практически не изучались, однако предполагалось, что по аналогии с рением этот металл обладает достаточно высокими свойствами. В настоящей работе излагаются первые результаты исследования некоторых названных свойств этого нового металлического материала.

Выплавка компактного технеция. Исходным материалом для получения компактного металла служил порошок технеция (чистотой 99,92%), полученный по технологии, изложенной в работе (1). Порошок спрессовывали при давлении около 100 кг/мм² в таблетки диаметром 7 мм и объемом около 0,5 см³, которые сплавлялись в дуговой электроне на водоохлаждаемой подине в монокристаллические корольки. Корольки после вакуумной дегазации при 2000° переплавляли в индукционной печи в слитки диаметром 16 и высотой 25 мм. Плавку производили в тиглях из двуокиси циркония при избыточном давлении аргона во избежание потерь за счет испарения (2). Полученные слитки технеция обладали крупнозернистой литой структурой при сравнительно небольшой твердости (110 кг/мм²).

Прессование. Гексагональная кристаллическая решетка технеция имеет небольшое число плоскостей легкого скольжения (3), вследствие чего в литом состоянии металл хрупок и при прокатке в валках при комнатных температурах растрескивается при незначительных степенях обжатия. Поэтому для предотвращения образования трещин при пластической деформации, применяли предварительное холодное прессование на истечение. Удовлетворительное прессование слитков технеция получали при скоростях 8—10 мм/мин и степени обжатия 15—20%. После каждого такого прессования металл подвергали вакуумному рекристаллизационному отжигу при 1300°. Применение предварительного прессования способствовало образованию легкой текстуры и измельчению кристаллитов, что обеспечивало дальнейшую холодную прокатку технеция без образования трещин.

Наклепываемость и рекристаллизация. Способность технеция к наклепу изучали путем определения прироста твердости отожженного при 1300° прессованного металла в зависимости от степени обжатия при холодной прокатке. По приведенным на рис. 1 кривым можно судить о наклепываемости технеция; обращает на себя внимание тот

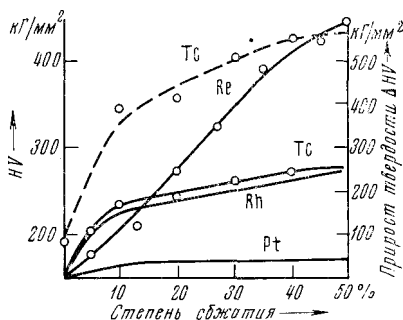


Рис. 1. Прирост твердости технеция и некоторых тугоплавких металлов в зависимости от обжатия при холодной прокатке. (Прерывистой линией показано абсолютное изменение твердости технеция)

факт, что его склонность к наклепу ниже, чем у рения, однако намного больше, чем у платины, а по характеру и величине близка родию (³).

После оценки наклепываемости технеция, путем измерения твердости и величины зерна при изохрональном отжиге была изучена его рекристаллизация. Образцы металла, деформированные холодной прокаткой до степени обжатия, близкой к 30%, подвергали вакуумному отжигу в течение 2 час. в температурном интервале 100—1900° через каждые 100°,

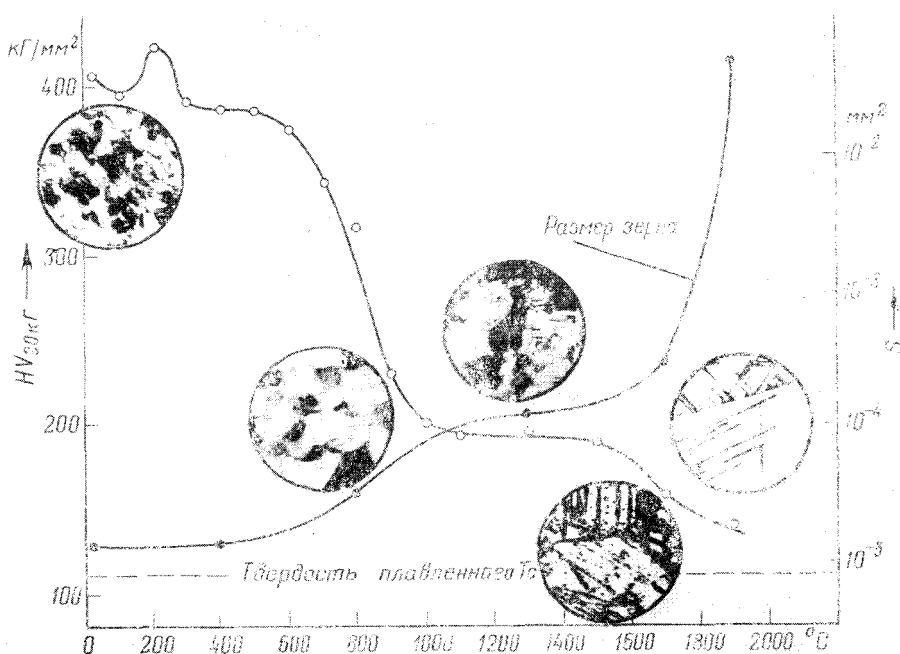


Рис. 2. Влияние отжига ($\tau = 2$ часа) на твердость и величину зерна холоднокатаного технеция

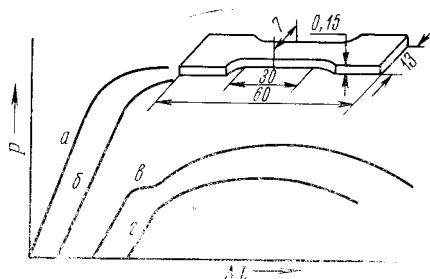
причем после каждого отжига измеряли твердость и фиксировали структуру. Как следует из приведенной на рис. 2 зависимости, в районе 200—250° в деформированном технеции протекает процесс, вызывающий повышение твердости, аналогичный наблюдавшемуся ранее авторами на уране (⁴). Дальнейшее увеличение температуры отжига (600—1000°) приводит к резкому падению твердости; металлографическое исследование показывает, что при этом протекает процесс рекристаллизации обработки и получается структура, подобная представленной на рис. 2. Отжиг при более высоких температурах ($>1400^\circ$) приводит к дальнейшему падению твердости и характеризует развитие собирательной рекристаллизации, что подтверждается структурными изменениями. Полученные данные позволяют: во-первых, зафиксировать различные температурные стадии возврата и в дальнейшем изучить возможные механизмы релаксации внутренних напряжений в технеции; во-вторых, выбрать оптимальные режимы для практических схем пластической обработки этого металла.

Холодная прокатка и волочение металлического технеция производились при режимах, выбранных на основании описанных выше исследований. Для получения листа или фольги прессованные прутки технеция подвергали холодной прокатке в гладких валках. Обжатия за проход не превышали 15—20% и чередовались с промежуточными ре-

кристаллизационными вакуумными отжигами при 1300°. Скорость прокатки составляла 6 м/мин. Для получения проволоки листовой технеций разрезали на полосы квадратного сечения, после сглаживания углов полосы с графитовой смазкой волочили через алмазные фильеры. Промежуточные отжики производили при 1000° после 10% обжатия за проход.

Примененные режимы пластической деформации металлического технеция позволили получить его в виде прутков, листов, фольги и проволоки с любой желаемой степенью обжатия.

Рис. 3. Вид образца и характерные диаграммы растяжения металлического технеция после различной термообработки. *a* — прокатанный металл, *b* — то же + отжиг 250° 2 часа, *c* — 1000°, *z* — 2000°



Анизотропия термического расширения оценивалась dilatометрическим методом (5). Коэффициенты линейного расширения измеряли (град⁻¹) в трех взаимно перпендикулярных направлениях на образцах листового технеция миллиметровой толщины в интервале температур от 20 до 100°. При этом α_1 — коэффициент термического расширения вдоль направления прокатки — оказался равным $8,1 \cdot 10^{-6}$, α_2 — коэффициент термического расширения поперек направления прокатки — равным $7,2 \cdot 10^{-6}$ и α_3 — коэффициент термического расширения перпендикулярно плоскости прокатки — равным 8,9.

Коэффициент объемного расширения тогда равен:

$$\gamma = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 24,2 \cdot 10^{-6} \text{ (град}^{-1}\text{)}.$$

Вычислены следующие отношения коэффициентов:

$$\alpha_1 / \alpha_2 = 1,125; \quad \alpha_1 / \alpha_3 = 0,91; \quad \alpha_2 / \alpha_3 = 0,81.$$

Механические свойства при одноосном растяжении и металлического технеция изучали на плоских образцах, вырезанных из листового металла вдоль и поперек прокатки. Испытания проводили

Таблица 1

Влияние термической обработки на механические свойства прокатанного технеция при одноосном растяжении *

Состояние образца	σ_p , кг/мм ²	$\sigma_{s, 0, 2}$, кг/мм ²	σ_b , кг/мм ²	δ , %	ψ , %
Прокатанный	$\frac{137}{39,6}$	$\frac{142}{45,1}$	$\frac{152}{61}$	$\frac{13}{29}$	$\frac{16}{36}$
Прокат + отжиг **					
250°	$\frac{133}{36,2}$	$\frac{138}{40,5}$	$\frac{150}{54}$	$\frac{10,0}{15,0}$	$\frac{9,3}{24}$
1000°	$\frac{19,9}{30}$	$\frac{21,9}{35}$	$\frac{75}{61,8}$	$\frac{57}{85}$	$\frac{36,6}{55}$
2000°	$\frac{15,5}{6,1}$	$\frac{17,9}{7,3}$	$\frac{47}{27,3}$	$\frac{26}{50}$	$\frac{27,8}{—}$

* Над чертой — значения вдоль направления прокатки, под чертой — поперек.

** Отжиг везде в течение 2 час.

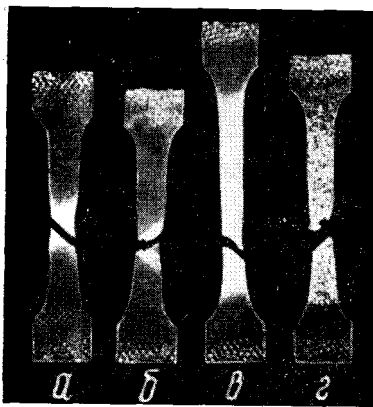


Рис. 4. Внешний вид образцов металлического технеция после испытания на одноосное растяжение. а — прокатанный металл, б — то же + отжиг 250°, 2 часа, в — то же 1000°, г — то же 2000°

при комнатной температуре, скорость растяжения была равна 4 мм/мин. На рис. 3 и 4 показаны характерные диаграммы растяжения и внешний вид образцов после одноосного растяжения. В табл. 1 приведены механические свойства технеция в зависимости от предварительной термической обработки.

Из табл. 1 следует, что холоднокатанный технеций обладает значительной анизотропией механических свойств; после отжига при температуре 250° наблюдается некоторое снижение пластичности (повышение твердости, как это показано на рис. 2), что является, по-видимому, следствием деформационного старения⁽⁴⁾; рекристаллизационный отжиг при 1000° придает металлу наибольшую пластичность; отжиг при 2000° ведет к потере прочности за счет сильного роста зерен и ослабления их границ.

Таким образом, металлический технеций путем ряда холодных обработок и рекристаллизационных отжигов может быть получен в виде прутков, ленты, фольги и проволоки. Наклепываемость технеция больше, чем многих известных металлов. При отжиге наклепанного технеция у температуры около 250° происходит деформационное старение. Наибольшей прочностью обладает наклепанный технеций, максимальной пластичностью — рекристаллизованный. Холоднокатанный технеций обладает существенной анизотропией физико-механических свойств.

Институт физической химии
Академии наук СССР
Москва

Поступило
3 III 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. И. Спицын, А. Ф. Кузина и др., Радиохимия, № 12 (1970). ² Термодинамические свойства неорганических веществ. Справочник под ред. А. П. Зефирова, 1965. ³ Е. М. Савицкий, Г. С. Бурханов, Металловедение тугоплавких металлов и сплавов, «Наука», 1967. ⁴ А. А. Цветаев, Р. К. Чужко и др., В сборн. Металлургия и металловедение чистых металлов, в. 5, 1966. ⁵ О. А. Балаховский и др., Зав. лаб., № 10 (1962).