



УДК 669.187.58.001.5

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СЛИТКОВ ХРОМА МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННО-ДУГОВОГО ПЕРЕПЛАВА

Ю. В. Латаш, В. Р. Бурнашев, Г. Ф. Торхов, А. В. Лихобаба

Разработана технология выплавки плоских заготовок хрома методом плазменно-дугового рафинирования поверхности. Получены образцы пластин толщиной 18...24 мм, шириной 90...10 мм, длиной 100...800 мм. Выполнен комплекс исследований качества металла. Полученные плоские образцы хрома скомпактированы в расходуюмую заготовку и переплавлены в кристаллизаторе диаметром 90 мм методом плазменно-дугового переплава. Из выплавленных круглых слитков длиной 360 мм изготовлены электроды для распыления на электронно-лучевых печах. Даны технические рекомендации по переработке хрома. Определена оптимальная схема переплава.

Technology of melting slab chromium billets by the method of a plasma-arc remelting (PAR) has been developed. The following plates were produced: 18...24 mm thickness, 90...100 mm width and 100...800 mm length. A series of the metal quality examinations was made. The produced chromium slab samples were compacted into the consumable billet and remelted in the 90 mm diameter mould using the PAR method. Electrodes for sputtering in electron beam furnaces were manufactured from the melted round 360 mm long ingots. Technical recommendations are given for the chromium processing. The optimum diagram of remelting was defined.

Ключевые слова: *плазменно-дуговой переплав; хром; слиток; электрод; схема переплава; примеси внедрения; качество*

Проблемы, связанные с загрязнением хрома при металлургическом переделе, до настоящего времени не преодолены. В значительной степени это вызвано высокой упругостью пара хрома при температуре плавления, что практически исключает применение вакуумного переплава, при котором загрязнение газовыми примесями невозможно [1].

Качественные характеристики хрома, в частности низкотемпературная хрупкость, в основном зависят от содержания примесей внедрения (азота, кислорода, углерода), размеров зерна, значения остаточных термических напряжений, количества неметаллических включений и их распределения в объеме слитка [1, 2].

Практически все из перечисленных факторов определяются условиями плавки и разливки металла, поэтому изучение влияния металлургических факторов на пластические характеристики хрома является крайне необходимым. Также доказано [3], что при плавке хрома его загрязнение, как правило, происходит за счет взаимодействия металла с материалом тигля и газовой атмосферой печи.

В работе [4] сделан подробный анализ способов получения слитков хрома различных размеров, из которого следует, что ни один из способов не лишен каких-либо серьезных недостатков.

В частности, процесс плазменно-дугового переплава (ПДП) успешно опробован для получения слитков тугоплавких металлов (титана, ванадия, ниобия, молибдена) и сплавов на основе никеля и кобальта [5]. Тем не менее, до настоящего времени ПДП слитков хрома не нашел промышленного применения из-за невозможности исключить загрязнение расплава газовыми компонентами плазмы и трудностей изготовления из хрома расходоуемых заготовок.

В последнее время в Институте электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины разработан и введен в производство [6] способ плазменно-дугового рафинирования поверхности (ПДРП) металлических заготовок. Конструктивные особенности оборудования для осуществления этого способа позволяют компоновать (из сыпучей шихты, длинномерной обрезки) монолитные расходоуемые заготовки.

При этом был изучен [7] процесс рафинирования хрома от примеси при воздействии на него плазмой. Результаты этих исследований показали, что основная часть примесей эффективно удаляется

© Ю. В. ЛАТАШ, В. Р. БУРНАШЕВ, Г. Ф. ТОРХОВ, А. В. ЛИХОБАБА, 2001

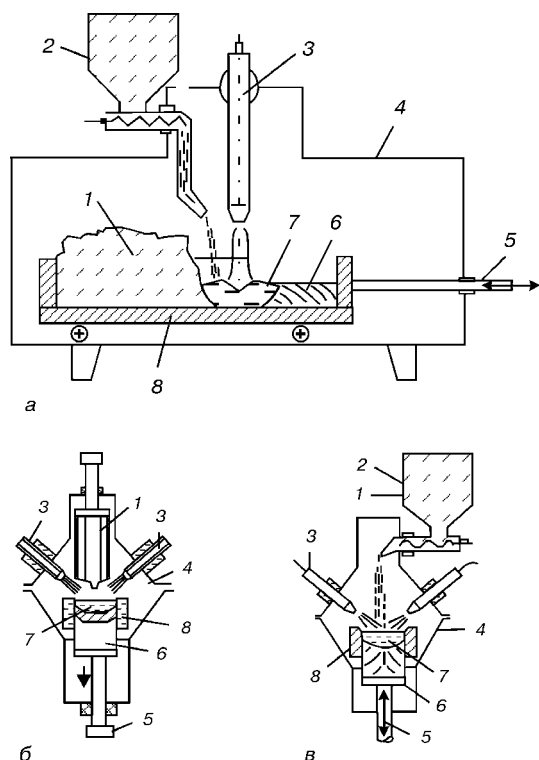


Рис. 1. Схема плазменно-дугового компактирования дисперсных металлических материалов: *а* — на установке ОБ-1957; *б, в* — на установке УПП-3 соответственно с различными способами подачи шихты; 1 — шихта (заготовка); 2 — бункер шнекового питателя; 3 — плазмотрон; 4 — плавильная камера; 5 — шток привода перемещения; 6 — литок; 7 — металлическая ванна; 8 — кристаллизатор

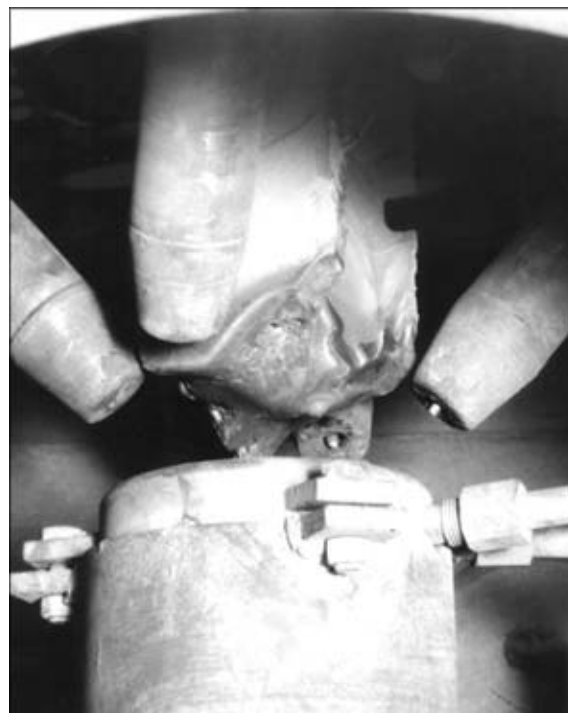


Рис. 3. Рабочий процесс переплава расходоуемой заготовки в медном водоохлаждаемом кристаллизаторе

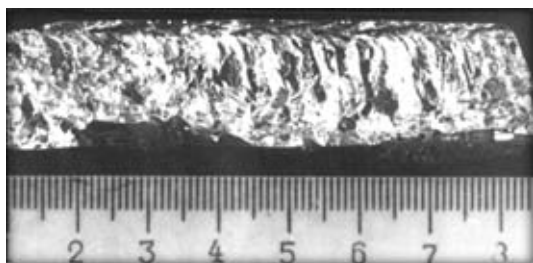


Рис. 2. Внешний вид излома плоской заготовки хрома, выплавленной по схеме, представленной на рис. 1, *а*



Рис. 4. Слиток хрома, полученный методом плазменно-дугового переплава

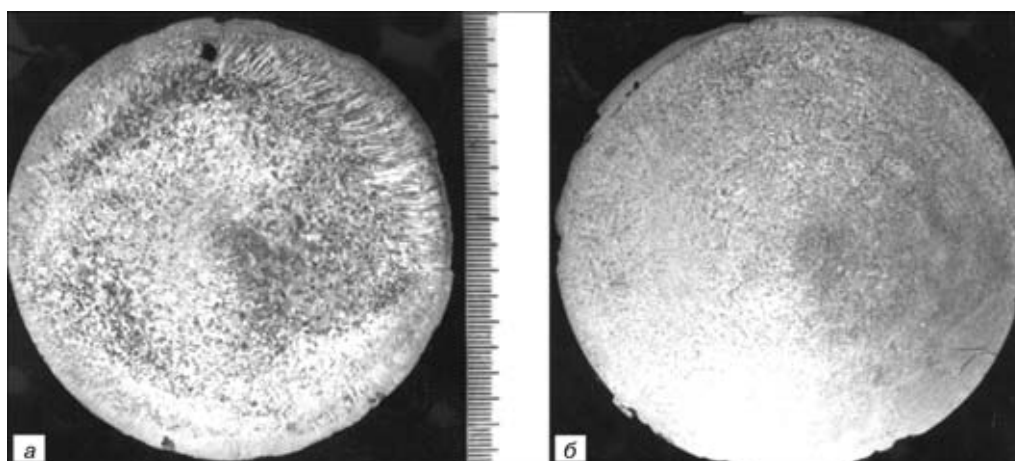


Рис. 5. Макроструктура слитка хрома диаметром 90 мм, выплавленного по схеме, представленной на рис. 1, *б*: *а* — середина слитка; *б* — донная часть слитка



Химический состав хрома

Объект исследования	Содержание, % мас										
	Cr	Al	Si	Ti	Fe	Ni	C	S	[O]	[N]	[H]
Исходный чешуйчатый хром	99,8	Следы	0,03	0,03	Следы	0,005	Следы	0,018	0,012	-	
Компактированная плоская заготовка	99,73	0,013	0,011	-	0,016	Следы	0,007	»	0,028	0,025	-
Компактированная круглая заготовка	99,73	Следы	-	0,034	»	0,016	»	0,14	0,065	0,001	

в начальный период плавки, при этом содержание углерода снижается в 2,5 раза, алюминия в 3–7 раз, железа в 2 раза, кремния на 30 %, что позволяет существенно повысить чистоту хрома. Полученные данные были использованы при разработке технологии компактирования электролитического хрома.

Настоящая работа посвящена изучению возможного зонного компактирования дисперсных частиц (чешуек) электролитического хрома в монолитные заготовки с последующим переплавом их в сквозном медном водоохлаждаемом кристаллизаторе и изготовлением из них электродов для распыления.

Зонное компактирование дисперсных частиц электролитического рафинированного хрома проводили на установке ОБ-1957 ОКБ ИЭС им. Е. О. Патона в медном водоохлаждаемом кристаллизаторе. Чешуйки хрома загружали в кристаллизатор, а потом при помощи горизонтально-поступательного перемещения кристаллизатора подавали в зону переплава (рис. 1, а).

Плавку вели на токах дуги 800...850 А при падении напряжения на дуге 50 В, в качестве плазмообразующего и защитного газа использовали аргон (ГОСТ 10157–79). Для наведения жидкой ванны по всей ширине кристаллизатора плазмотрону придавали синусоидальные колебания частотой 0,5 Гц и амплитудой 10...12 мм. Полного проплавления слоя шихты с получением слитка в форме пластины толщиной 18...24 мм достигали при скорости поступательного перемещения кристаллиза-

тора 12,5...13,0 мм/мин. Масса выплавленных монолитных слитков составляла от 4,5 до 7,5 кг в зависимости от длины (длина слитка могла произвольно задаваться в пределах 100...800 мм). При этом производительность переплава единственным плазмотроном составляла 13,3 кг/ч при затратах электроэнергии 3,2 кВт·ч/кг и расходе аргона порядка 0,2 м³/кг.

Полученные слитки имели дендритную структуру без каких-либо пор, трещин и других несплошностей (рис. 2). Рентгеноспектральный анализ образцов полученного металла показывает, что использование разработанной технологии компактирования не приводит к какому-либо загрязнению переплавленного металла (таблица), за исключением кислородом и азотом, поступающими в металл из плазмообразующего газа.

При подготовке к плавке (откачка воздуха из камеры печи форвакуумным насосом и двукратная промывка ее аргоном) в плавильном пространстве остается около 0,1 % кислорода и 0,5 % азота [8]. Поэтому для снижения влияния загрязненности газа примесями внедрения на качество получаемых заготовок из хрома необходимо следующее: осуществлять предварительную сушку и дегазацию электролитического рафинированного хрома; дополнительно очищать газ от влаги, кислорода и азота; размещать геттеры в плавильной печи; использовать водородное раскисление [9].

Второй переплав полученных монолитных заготовок проводили в плазменно-дуговой печи УПП-3 в медном водоохлаждаемом кристаллизаторе диаметром 90 мм (рис. 1, б и рис. 3).

Средняя скорость вытягивания слитка составляла 3,35 мм/мин, объем ванны и мощность печи были постоянными, при этом производительность переплава составила 9 кг/ч при затратах электроэнергии 3,8 кВт·ч/кг и расходе аргона порядка 0,15 м³/кг. В результате были выплавлены слитки хрома длиной 340...360 мм (рис. 4), диаметром 90 мм, массой 15 кг.

Для определения качества металла из донной и средней частей одного слитка были вырезаны темплеты (рис. 5). Проведенные металлографические исследования показали, что структура слитка хрома плотная, трещины и несплошности отсутствуют.

Исследование распределения металлических примесей по высоте слитка (рис. 6) показало, что в процессе переплава происходит интенсивное

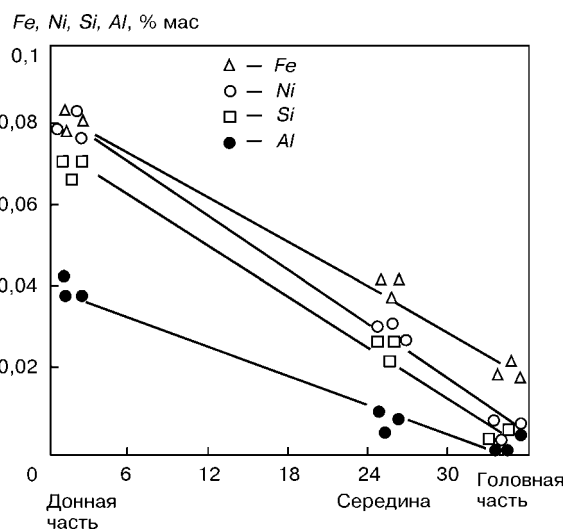


Рис. 6. Изменение содержания металлических примесей по высоте слитка хрома диаметром 90 мм

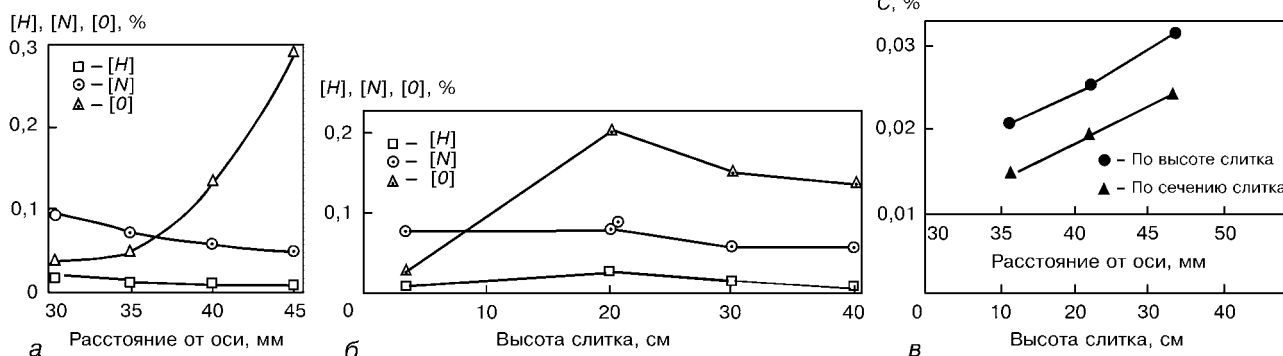


Рис. 7. Распределение газовых примесей в слитке хрома диаметром 90 мм: а — азота, кислорода, водорода по сечению слитка; б — то же по высоте слитка; в — углерода по сечению и высоте слитка

снижение (в 2 – 3 раза) железа, никеля, кремния и алюминия в хrome.

Однако у поверхности средней и головной частей слитка встречаются поры. Для определения природы этих пор и глубины их залегания изучали распределение газовых примесей и углерода в поверхностном слое слитка хрома. Послойный анализ показал, что появление пор связано в основном с повышением содержания кислорода (рис. 7, а) и углерода (рис. 7, б) как по сечению в радиальном направлении, так и по высоте слитка. Это происходит, как считают авторы работы [10], из-за того, что по всей поверхности слитка образуется «рубашка» из столчатых кристаллов хрома, обогащенных примесями, которая выполняет роль активного геттера, связывающего примеси из газовой фазы. Толщина «рубашки» местами достигает 9...10 мм и для получения качественного слитка она должна удаляться лезвийной обработкой.

После обдирки полученная заготовка (рис. 8) пригодна для распыления на электронно-лучевых и других установках. Для значительного снижения содержания примесей внедрения в поверхностном слое слитков хрома при ПДП, а также для повышения выхода годного необходимо сократить время контакта жидкого металла с плазмообразующим газом, что может быть достигнуто одностадийным переплавом чешуек хрома по схеме, приведенной на рис. 1, в.

Описанная технологическая схема может быть применена для переработки отходов таких металлов, как молибден, ниобий, кобальт, никель в слитки и заготовки различной формы.

Выводы

1. Отработана технология получения плоских (800×90×24 мм) и круглых (диаметром 90 мм) заготовок хрома.
2. Установлено, что для получения качественного электрода под распыление необходимо круглый слиток обдирать по всей поверхности на глубину 9...10 мм.
3. Определено, что для уменьшения глубины пораженного порами слоя необходимо выполнять технологические мероприятия, указанные в работе.

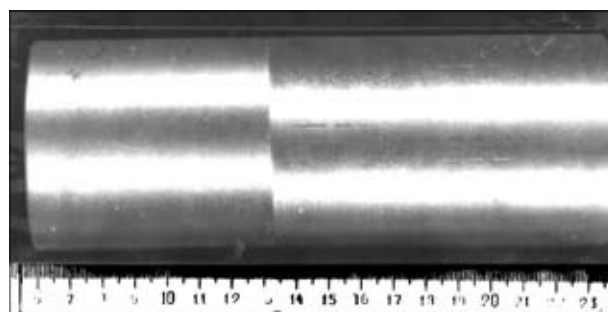


Рис. 8. Слиток хрома после лезвийной обработки

4. Для значительного снижения содержания примесей внедрения в хrome необходимо использовать прямую схему переплава чешуек.

1. Трефилов В. И., Мильман Ю. В., Фирстов С. А. Физические основы прочности тугоплавких металлов. — Киев: Наук. думка, 1975. — 315 с.
2. Успехи в разработке конструкционных сплавов на основе хрома. Возможности и ограничения / А. Н. Ракицкий, В. И. Трефилов // Конструкционные сплавы хрома. — Киев: Наук. думка, 1986. — С. 5 – 32.
3. Салли А., Брендз Э. Хром. — М.: Металлургия, 1971. — 360 с.
4. Ракицкий А. Н. Возможности технологии выплавки пластичных малолегированных сплавов хрома // Конструкционные сплавы хрома / Под ред. В. И. Трефилова. — Киев: Наук. думка, 1986. — С. 82 – 98.
5. Лакомский В. И. Плазменно-дуговой переплав. — Киев: Техніка, 1974. — 344 с.
6. Латаш Ю. В., Торхов Г. Ф. Плазменно-дуговой переплав поверхностного слоя слитков и заготовок — безотходная технология в металлургии // Проблемы сварки и спец. электрометаллургии: Сб. науч. тр. Института электросварки им. Е. О. Патона НАНУ. — Киев: Наук. думка, 1990. — 299 с.
7. Плазмотермохимическое восстановление чистых металлов из их окислов / Л. М. Лобанов, В. П. Логинов, В. Р. Бурнашев и др. // Пробл. спец. электрометаллургии. — 1997. — № 1. — С. 48 – 54.
8. Латаш Ю. В., Матях В. Н. Современные способы производства слитков особо высокого качества / Под ред. Б. Е. Патона, Б. И. Медовара. — Киев: Наук. думка, 1987. — 336 с.
9. Власенко А. Ю., Забарило О. С., Мельник Г. А. Некоторые особенности плазменно-водородного раскисления хрома // Пробл. спец. электрометаллургии. — 1991. — № 4. — С. 59 – 62.
10. Панасюк И. О., Воронин Г. М., Фирстов В. С. Выплавка сплавов хрома в вакууме // Конструкционные сплавы хрома. Металлургия / Под ред. В. И. Трефилова. — Киев: Наук. думка, 1988. — 176 с.

Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Киев

Поступила 13.03.2001