

В.С. Вахрушева, Н.Н. Рипная, А.И. Лобанов, С.В. Чехранов

**О ПРИМЕНЕНИИ СКОРОСТНОГО НАГРЕВА ПРИ ТЕРМООБРАБОТКЕ
ХОЛОДНОДЕФОРМИРОВАННОЙ ПРОВОЛОКИ ИЗ ТИТАНОВОГО
СПЛАВА ВТ–6**

Показана возможность применения скоростного нагрева при термообработке холоднодеформированной проволоки из высокопрочного титанового сплава ВТ–6, который обеспечивает высокую производительность, снижение газонасыщения, получение мелкозернистой структуры и необходимый уровень технологической пластичности металла.

Государственным трубным институтом впервые разработана новая технология изготовления холоднодеформированной проволоки из высокопрочного труднодеформируемого титанового сплава ВТ–6 способом скоростной непрерывной микропрокатки [1,2]. Сплав ВТ–6 легирован алюминием (массовая доля 6,3...6,8%), ванадием (3,5...5,3%) и относится к двухфазным высокопрочным труднодеформируемым титановым сплавам [3]. Благодаря высокому содержанию алюминия и ванадия, а также наличию β -фазы сплав характеризуется высокой жаропрочностью, термической стабильностью и поэтому из него изготавливают изделия, работающие длительное время при температурах до 500⁰С [5].

Для сплавов титана характерно значительное увеличение сопротивления пластической деформации и потеря пластичности на начальных стадиях деформирования. Особенно это проявляется при деформации $\alpha+\beta$ сплавов титана, имеющих повышенное содержание легирующих элементов, что способствует дополнительному упрочнению материала. Повышенное содержание алюминия в титане, особенно при значениях более 5,5%, увеличивает прочностные характеристики и снижает пластичность в условиях холодной пластической деформации. Так технический титан деформируется без разрушения с разовым обжатием до 75%, а максимальное обжатие для сплава ВТ–6 не превышает 18–20%. В этой связи, при изготовлении проволоки из труднодеформируемых сплавов титана используются многоциклические схемы холодной прокатки и промежуточных термических обработок.

Изучение особенностей поведения сплава ВТ–6 при холодной деформации и формировании структуры при нагреве – важнейшие предпосылки создания технологии получения из него холоднодеформированной проволоки. В настоящей работе изучали возможность использования скоростного нагрева для операции термической обработки титановых сплавов. Преимуществом процесса скоростного нагрева является его высокая производительность, уменьшения газонасыщения при получении проволоки.

Кроме того, при скоростном нагреве подавляется интенсивный рост зерна при температурах выше полиморфного превращения благодаря сокращению времени пребывания металла при высоких температурах.

Одна из особенностей процессов рекристаллизации при скоростном нагреве – чрезвычайно высокая скорость развития самого процесса. При этом температурный интервал рекристаллизации смещается в область более высоких температур. Скорость зарождения центров и скорость их роста резко возрастают и первая значительно превосходит вторую, что способствует получению мелкозернистой структуры. В работе исследована также возможность понижения температуры рекристаллизационного отжига посредством применения изотермических выдержек. Увеличение длительности выдержки приводит к завершению процесса рекристаллизации при более низкой температуре.

Заготовкой для производства проволоки служил горячепрессованный прутки диаметром 7мм. Проволоку получали деформацией прутка на стане скоростной непрерывной микропрокатки. Эксперименты проводились на холоднодеформированной проволоке диаметром 6мм. Проволоку термически обрабатывали на установке электроконтактного нагрева. Образцы проволоки нагревали со скоростью 25⁰С/с до температур 850...1000⁰С через 50⁰С. Такая скорость оптимальна для легированных сплавов титана [4]. Она обеспечивает протекание процессов рекристаллизации в $\alpha+\beta$ области и позволяет эффективно использовать преимущества такого процесса.

После скоростного нагрева в интервале температур 850...1000⁰С применяли изотермические выдержки 20, 30, 60с с последующим охлаждением на воздухе. После каждого режима термообработки образцы проволоки испытывали на растяжение. Поскольку при предварительных экспериментах по оценке технологической пластичности сплава лучшие результаты получены при выдержке 30с, более детально изучен этот режим. Механические свойства проволоки после скоростного нагрева в зависимости от температуры нагрева приведены на рис.1. Как видно, относительное удлинение δ_5 увеличивается с повышением температуры до 950⁰С, достигая значений 16–17%, после чего начинает снижаться. Минимальные значения предела текучести (760–780 МПа) и временного сопротивления наблюдаются в температурном интервале 850–900⁰С.

По результатам механических испытаний и исследования микроструктуры выбран оптимальный режим термической обработки: – нагрев до 900⁰С, выдержка 30 с, охлаждение на воздухе – обеспечивающий полное разупрочнение металла для последующей холодной деформации. Установлено, что при скоростном нагреве можно увеличить пластичность сплава ВТ–6 и получить мелкозернистую структуру с равномерно распределенной β -фазой (рис.2).

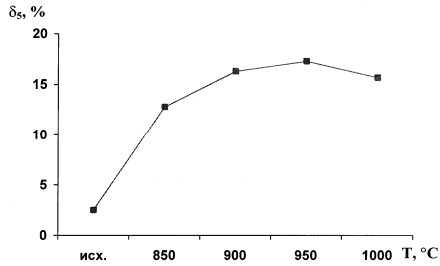
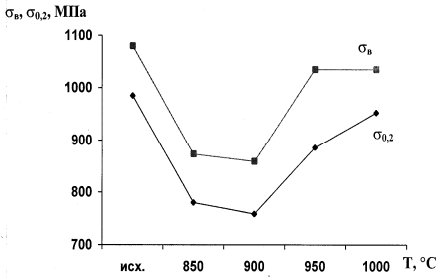


Рис. 1. Механические свойства проволоки после скоростного нагрева с выдержкой 30 с в зависимости от температуры

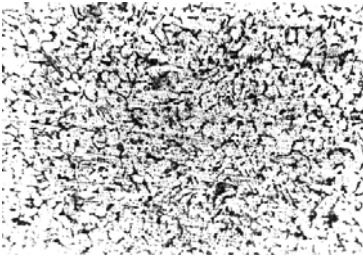


Рис.2. Микроструктура сплава ВТ-6 при скоростном нагреве. х900.

В результате исследований показана эффективность и целесообразность применения скоростного нагрева при термической обработке указанной проволоки. Впервые разработанную новую технологию изготовления проволоки из высокопрочного труднодеформируемого титанового сплава ВТ-6 способом скоростной непрерывной микропрокатки с применением скоростного нагрева рекомендуется использовать при производстве холоднокатаной проволоки.

1. Патент Украины № 60840. Способ непрерывной прокатки проволоки./ В.В. Сергеев, А.И. Лобанов, Н.М. Бестужева, Ю.М. Правдин и др.
2. Новый высокоэффективный процесс и оборудование для изготовления проволоки микропрокаткой / В.В. Сергеев, А.И. Лобанов, Г.И. Хаустов, Ю.М. Правдин и др. // Производство труб и баллонов. – Днепропетровск: – ДТІ. – 1999. – С/ 118–121.
3. Титановые сплавы. Конструкционные титановые сплавы. / С.Г. Глазунов, В.Н. Моисеев – М.: «Металлургия», 1974. – 368 с.
4. Исследование кинетики рекристаллизации при скоростном нагреве труб из псевдо-альфа-сплавов титана: Отчет о НИР / ВНИТИ. – 143–77; – № ГР 77002671; – Инв. № Б766009. – Днепропетровск, 1979. – 62 с.
5. Титан. Металловедение и технология. Труды Третьей Международной конференции по титану, т. 3. – Москва, ВИЛС, 1978. – 591 с.

Статья рекомендована к печати д.т.н. И.Г.Узловым