

УДК 669.295:661.882

**Н. А. Баранникова, Ф. В. Водолазский<sup>\*</sup>, С. М. Илларионова,  
Д. Ф. Шараева, Л. Н. Кириллова, М. А. Шабанов**

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

*\*f. v.vodolazskiy@urfu.ru*

## ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ И ТВЕРДОСТИ ПО СЕЧЕНИЮ ГОРЯЧЕДЕФОРМИРОВАННОЙ ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ ИЗ СПЛАВА VT14

В работе методами макро-, микро-, рентгеноструктурного и дюрометрического анализов исследовано изменение макро-, микроструктуры и твердости по сечению крупногабаритной горячедеформированной трубной заготовки из сплава VT14.

*Ключевые слова:* титановый сплав VT14, горячая деформация, свойства, макроструктура, микроструктура

**N. A. Barannikova, F. V. Vodolazskiy, S. M. Illarionova, D. F. Sharaeva,  
L. N. Kirillova, M. A. Shabanov**

## CHANGE OF STRUCTURAL CONDITION AND HARDNESS FOR A SECTION OF HOT-WORKED PIPE BILLET FROM VT-14 ALLOY

In this paper, the methods of macro, micro, X-ray structural and durometric analyzes were used to study the changes of macro, microstructure and hardness for the large-sized hotworked pipe billet of VT–14 alloy.

*Key words:* titanium alloy VT–14, hot deformation, phase composition, macrostructure, microstructure

Сплав VT14 относится к двухфазным ( $\alpha+\beta$ )-сплавам титана мартенситного класса и входит в группу высокопрочных сплавов [1]. Сплав VT14 хорошо деформируется в горячем состоянии, основные операции штамповки осуществляются при нагреве [2]. Ковка, штамповка, горячая прокатка сплава производятся в интервале

---

© Баранникова Н. А., Водолазский Ф. В., Илларионова С. М., Шараева Д. Ф., Кириллова Л. Н., Шабанов М. А., 2020

температур 1050–750 °С, при этом 50–60 % деформации рекомендуется производить при температурах двухфазной ( $\alpha + \beta$ )-области [1]. В работе исследована взаимосвязь изменения структурного состояния и твердости по сечению крупногабаритной трубной заготовки из сплава ВТ14.

В работе использовали следующие виды анализа: макроструктурный — визуально с использованием метода шкал [3], микроструктурный — с помощью микроскопа «OLYMPUS GX51», рентгеноструктурный фазовый (РСФА) — на дифрактометре «Bruker D8 Advance» в медном  $K_{\alpha}$ -излучении, дюротрический — с измерением твердости по Виккерсу по ГОСТ 6507–1 2007 [4] на универсальном твердомере Zwick/Roell ZHU type 6187–5 LKV.

Материалом для исследования служил темплет в виде круга диаметром 130 мм и толщиной 30 мм, вырезанного из горячекованной заготовки из сплава ВТ14, полученной на ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА». Химический состав сплава представлен в табл. форме.

Химический состав сплава ВТ14, мас. %

Ti	Al	Mo	V	Zr	Fe	O	N	C	H	Si
основа	5,57	3,41	1,45	0,061	0,12	0,08	0,006	0,007	0,0023	0,031

Исследование горячекованной трубной заготовки диаметром 130 мм из сплава ВТ14 показало, что по сечению полуфабриката наблюдается достаточно однородная макро- и микрозеренная структура с наиболее крупнозернистым строением в центре с 10-м баллом и 8–9-м типом по шкалам макро- и микроструктур (рис. 1). Средний размер  $\beta$ -зерна увеличивается от поверхности темплета к его центру вследствие как замедления скорости охлаждения по мере продвижения к центру заготовки, так и возможного деформационного разогрева внутренних объемов заготовки при ковке при одновременном подстуживании приповерхностных областей.

Для средних значений по трем направлениям измерения характерна тенденция к росту твердости от центра темплета к его поверхности в пределах 10 ед. HV, рис. 2. Это, очевидно, связано с изменением скорости охлаждения по сечению темплета с температуры последней обработки, так как известно, что скорость охлаждения максимальна на поверхности заготовки и уменьшается к его центру.

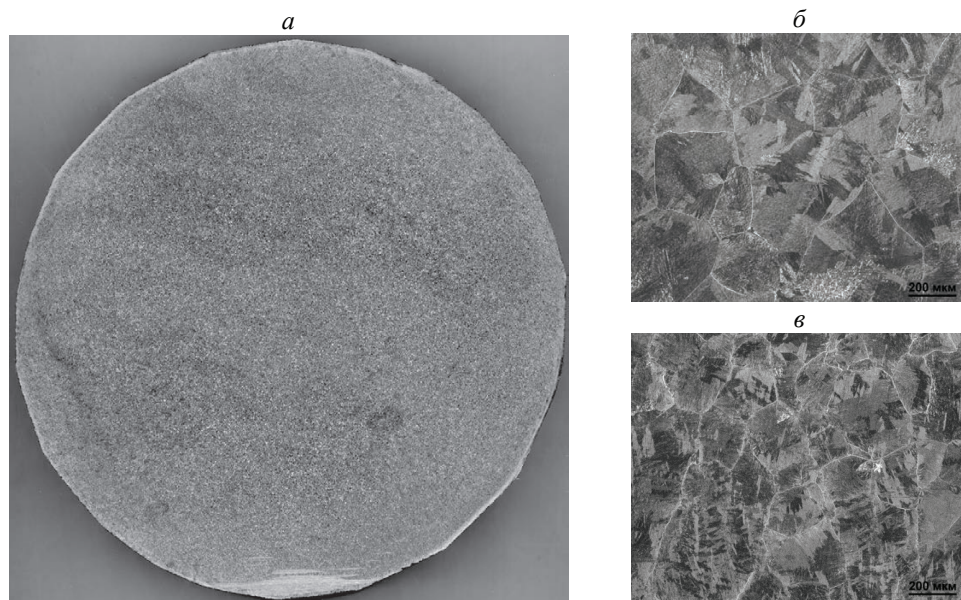


Рис. 1. Структура горячедеформированного темплета из сплава ВТ14: *a* — макроструктура в поперечном сечении; *б* — микроструктура центральной части в продольном направлении; *в* — микроструктура у поверхности в продольном направлении

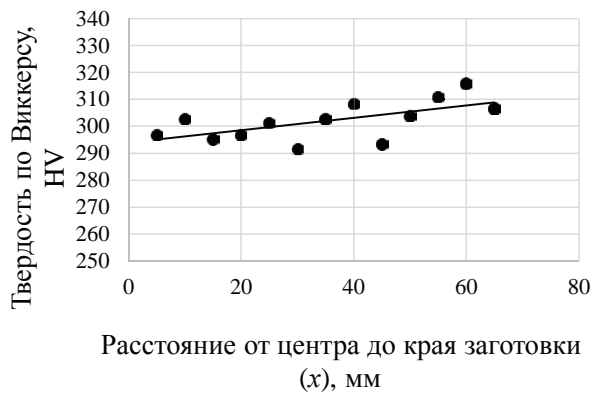


Рис. 2. Изменение твердости средних значений по трем измерениям в разных направлениях от центра к боковой поверхности темплета

Количественная оценка в горячекованной заготовке объемной доли фаз по методу Ритвельда показала, что соотношение фаз примерно 90 %  $\alpha$  и 10 %  $\beta$ , что характерно для сплава ВТ14 в равновесном состоя-

нии. Периоды решеток фаз составили:  $\beta$ -фазы —  $a = 3,2429 \pm 0,0008$  А;  $\alpha$ -фазы —  $a = 2,92709 \pm 0,00019$  А;  $c = 4,6722 \pm 0,0004$  А,  $c/a = 1,596$ .

*Исследование выполнено при финансовой поддержке  
Российского научного фонда (проект № 18–79–10107).*

### **Литература**

1. Глазунов С. Г., Моисеев В. Н. Конструкционные титановые сплавы. М. : Металлургия, 1974. 368 с.
2. Ильин А. А., Колачев Б. А., Польшкин И. С. Титановые сплавы. Состав, структура, свойства: справочник. М. : ВИЛС–МАТИ, 2009. 520 с.
3. Илларионов А. Г., Попов А. А. Технологические и эксплуатационные свойства титановых сплавов: учебное пособие. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. 136 с.
4. Горячая штамповка и прессование титановых сплавов / Л. А. Никольский [и др.]. М. : Машиностроение, 1975. 285 с.