

Научная статья

УДК 669.15.194.2:621.771.23

Исследования структуры и свойств хладостойкого листвого проката в толщинах от 25 до 100 мм

**Вероника Романовна Никитина¹, Ольга Васильевна Сыч²,
Елена Игоревна Хлусова³**

^{1,2,3} Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей» им. И. В. Горынина Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Санкт-Петербург, Россия

¹ npk3@crism.ru

Аннотация. Представлены результаты исследования структуры и свойств низколегированной судостроительной стали с пределом текучести не менее 420 МПа по толщине листового проката до 100 мм. Установлено, что сочетание параметров бейнита реечной морфологии (доли, средних размеров областей и их протяженности) и размера структурных элементов определяет уровень работы удара при низких температурах испытаний.

Ключевые слова: термомеханическая обработка, хладостойкий листовой прокат, структура по толщине, структурная неоднородность, реечный бейнит, низкая температура испытаний

Original article

Investigation of Structure and Properties of Cold-Resistant 25–100 Mm Thick Rolled Plates

Veronika R. Nikitina¹, Olga V. Sych², Elena I. Khlusova³

^{1,2,3} Central research institute of structural materials “Prometey” named by I. V. Gorynin of National research center “Kurchatov institute”, St. Petersburg, Russia

¹ npk3@crism.ru

Abstract. This paper presents a study of changes in the structure and properties in thickness of rolled sheets up to 100 mm of low-alloyed shipbuilding steel with a yield point not less than 420 MPa. It was found that the combination of lath bainite characteristics (volume, average size areas and their lengths) and the size of structural elements determine the impact energy rate at low test temperatures.

Keywords: thermo-mechanical control process (TMCP), cold-resistant rolled plates, structure in thickness, structural heterogeneity, lath bainite, low test temperature

В связи с растущим спросом на создание крупногабаритных объектов морской техники, эксплуатирующихся в условиях Арктики, становится актуальным вопрос о повышении хладостойкости металлопроката больших толщин из низкоуглеродистых низколегированных сталей с гарантированным пределом текучести 355–460 МПа [1; 2]. Свойства такого проката должны обеспечивать высокую свариваемость и надежность изготовленных из него ответственных конструкций или отдельных их элементов.

Известно, что в толстолистовом прокате после проведенной термомеханической обработки (ТМО) может возникать неоднородность структуры по всему сечению листа, что связано с неравномерным распределением температурно-деформационных условий при прокатке. По этой причине не удастся выполнить определенные требования к хладостойкости вследствие различной анизотропии, морфологии, дисперсности и соотношения структурных составляющих, в том числе объемной доли и размеров областей бейнита речной морфологии [1–4].

Для повышения эксплуатационных свойств хладостойкого толстолистового проката необходимо разработать технологию производства, при которой в листе по всему сечению конечной структурой будет сформирована однородная ферритно-бейнитная структура с бейнитом, преимущественно гранулярной морфологии. В связи с этим является важным исследование структуры и механических свойств по толщине всего листового проката.

Следовательно, поиск взаимосвязи между механическими свойствами и параметрами структуры по толщине листового проката остается актуальным направлением исследований. В работе объектом исследования являлся листовой прокат толщиной до 100 мм с гарантиро-

ваным пределом текучести 420 МПа из низкоуглеродистой низколегированной марганцево-никелевой стали с ферритно-бейнитной структурой.

Цель работы заключалась в разработке рекомендаций по повышению хладостойкости толстолистового проката.

Были проведены испытания на растяжение и ударный изгиб образцов, отобранных от поверхности, $\frac{1}{4}$ и $\frac{1}{2}$ по толщине листового проката. Детальные исследования структуры по толщине указали на развитие структурной неоднородности как по размерным, так и по морфологическим параметрам, хладостойкость стали по критерию значений работы удара (не менее 80 Дж) составляла не ниже $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Показано, что с увеличением толщины листового проката наблюдается более значительный разброс прочностных характеристик, особенно предела текучести, который достигает 18,6%, что недопустимо для задач проектирования конструкций. Это связано с увеличением степени неоднородности структуры по толщине (по размерам и морфологии структурных составляющих феррита, реечного и гранулярного бейнита) и более интенсивным развитием процессов самоотпуска в α -фазе бейнита реечной морфологии. Установлено, что совокупность роста геометрических и количественных параметров реечного бейнита приводит к снижению работы удара при отрицательных температурах.

Проведено имитационное моделирование различных режимов термомеханической обработки на dilatометре DIL805A/D. Выбраны оптимальные режимы черновой и чистовой стадии прокатки, обеспечивающие после ускоренного охлаждения формирование наиболее благоприятной однородной бейнитной структуры с бейнитом преимущественно гранулярной морфологии в листах толщиной 25 мм и ферритно-бейнитной структуры с квазиполигональным ферритом и гранулярным бейнитом в листах толщиной 50 мм. Показано, что после доработки технологии хладостойкость стали составила $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Список источников

1. Голи-Оглу Е. А., Бокачев Ю. А. Термомеханическая обработка плит толщиной до 100 мм из низколегированной конструкционной стали в NLMK DanSteel // Сталь. 2014. № 9. С. 71–78.

2. Голи-Оглу Е. А. Обеспечение повышенной хладостойкости плит FH40 толщиной 70–100 мм для морских конструкций северного исполнения // *Металлург*. 2015. № 6. С. 53–58.
3. Настич С. Ю. Влияние морфологии бейнитной составляющей микроструктуры низколегированной стали X70 на хладостойкость проката больших толщин // *Металлург*. 2012. № 3. С. 62–68.
4. Влияние ферритно-бейнитной структуры на свойства высокопрочной трубной стали / М. А. Смирнов, И. Ю. Пышминцов, А. Н. Мальцева [и др.] // *Металлург*. 2012. № 1. С. 55–62.

References

1. Goli-oglu E. A., Bokachev Yu. A. Thermomechanical processing of plates with a thickness of up to 100 mm from low-alloyed structural steel in NLMK Dansteel // *Steel*. 2014. No. 9. P. 71–78.
2. Goli-oglu E. A. Providing an increased molding resistance of FH40 plates with a thickness of 70–100 mm for sea structures of the Northern Performance // *Metallurg*. 2015. No. 6. P. 53–58.
3. Nastich S. Yu. The effect of the morphology of the beynic component of the microstructure of low-alloyed steel X70 on the cold resistance of large thicknesses // *Metallurg*. 2012. No. 3. P. 62–68.
4. The effect of the ferrithic-bantite structure on the properties of high-strength pipe steel / M. A. Smirnov, I. Yu. Pysmintsov, A. N. Maltseva [et al.] // *Metallurg*. 2012. No. 1. P. 55–62.