

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту

ІТТ | ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ
ТРАНСПОРТНІ
ТЕХНОЛОГІЇ



ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

V МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

ПРОГРАМА КОНФЕРЕНЦІЇ



ІТТ2024

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ

**Тези доповідей 5-ої міжнародної
науково-технічної конференції**

«ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

Харків 2024

5-а міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні технології», Харків, 25–27 листопада 2024 р.: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2024. – 339 с.

Збірник містить тези доповідей науковців вищих навчальних закладів України та інших країн, підприємств транспортної та машинобудівної галузей за чотирма напрямками: розвиток інтелектуальних технологій при управлінні транспортними системами; транспортні системи та логістика; інтелектуальне проектування та сервіс на транспорті; функціональні матеріали та технології при виготовленні та відновленні деталей транспортного призначення.

© Український державний університет
залізничного транспорту, 2024

Acknowledgments

This research was funded by the Ministry of Education and Science of Ukraine (project No 0123U100374). Funded by the EU NextGenerationEU through the Recovery and Resilience Plan for Slovakia under the project No. 09I03-03-V01-00061

[1] Efremenko V.G., Chabak Yu.G., Shimizu K., Golinskyi M.A., Lekatou A.G., Petryshynets I., Efremenko B.V., Halfa H., Kusumoto K., Zurnadzhy V.I. The novel hybrid concept on designing advanced multi-component cast irons: Effect of boron and titanium (Thermodynamic modelling, microstructure and mechanical property evaluation) // *Materials Characterization*. – 2023. - vol. 197, 112691.

[2] Chabak Y., Petryshynets I., Efremenko V., Golinskyi M., Shimizu K., Zurnadzhy V., Sili I., Halfa H., Efremenko B., Puchy V. Investigations of Abrasive Wear Behaviour of Hybrid High-Boron Multi-Component Alloys: Effect of Boron and Carbon Contents by the Factorial Design Method // *Materials*. – 2023. – vol. 16. - 2530.

[3] Chabak Y., Efremenko V., Petryshynets I., Golinskyi M., Shimizu K., Efremenko B., Kudin V., Azarkhov A. Role of Quenching Temperature Selection in the Improvement of the Abrasive (Al_2O_3) Wear Resistance of Hybrid Multi-Component Cast Irons // *Materials*. – 2024. – vol. 17. - 3742.

УДК 621.771:006.83(075.8)

МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТОВСТИХ ЛИСТІВ СТАЛІ МАРКИ 5L API X70, ВИРОБЛЕНОЇ З ВАЖКОГО СЛЯБА

MECHANICAL PROPERTIES OF THICK SHEETS OF X70 API 5L GRADE STEEL PRODUCED FROM HEAVY SLAB

Б.В. Єфременко¹, к.т.н., Ю.Г. Чабак^{1,2}, д.т.н.,

В.Г. Єфременко^{1,2}, д.т.н., Д.А. Мироненкова¹

¹*Приазовський державний технічний університет (м. Дніпро)*

²*Інститут дослідження матеріалів SAS (м. Кошице, Словаччина)*

B.V. Efremenko¹ PhD (Tech.), Yu.G. Chabak^{1,2} Dr.Sci (Tech.),

V.G. Efremenko^{1,2} Dr.Sci (Tech.), D.A. Mironenkova¹

¹*Pryazovskyi State Technical University (Dnipro)*

²*Institute of Materials Research, SAS (Kosice, Slovakia)*

This work investigated the microstructure and mechanical properties of 40 mm thick sheets of low-carbon (0.06-0.07 wt.%C) (Cr, Ni, Mo, V, Nb)-micro-alloyed steel, produced from heavy slab in order to comply with the requirements of X70 (API 5L) grade. It was found that applying a heavy slab of increased thickness is feasible for the production of thick (≥ 30 mm) steel sheets intended for oil/gas pipelines. Using a 300 mm thick slab increases its rolling reduction by 12-36 % when producing 40 mm thick sheets which enabled the better deformation to eliminate the cast structure in the axis zone of the billet. This resulted in structure refining which enhances the low-temperature impact behaviors (Charpy V-notch test, DWTT) of steel ensuring compliance with an X70 (API 5L) grade.

The sheets were produced through the three-stage thermo-mechanical controlled processing (TMCP) with a rolling finish in a single-phase interval (820-840 °C) or in a two-phase interval (760-780 °C) followed by accelerated cooling (AC). For both

TMCP schedules, the decrease in temperature of AC finish (T_{ACF}) from 630 °C to 450 °C led to a gradual increase in strength indicators and a decrease in ductility. The low temperature (–20 °C) impact toughness was not dependent on T_{ACF} presenting exceptional absorbed energy which reached maximally 550 J.

The optimal combination of the mechanical properties (YTS of 540-580 MPa, UTS of 630-660 MPa, total elongation of 24-27 %, subzero absorbed energy of 350-400 J, subzero DWTT (shear area – SA) of 80 %) was attributed to the TMCP with rolling finish in “austenite+ferrite” interval followed by AC ($20-23\text{ °C}\cdot\text{s}^{-1}$) to T_{ACF} of 480-530 °C. These properties were due to microstructure consisting of a fine-grained quasi-polygonal/acicular ferrite, the martensite/austenite islands, and the nanosized carbide precipitates. The earlier stop of water cooling (at 600-630 °C) resulted in a banded “ferrite+pearlite” structure with lower YTS which barely met the requirements of X70 grade. The highest DWTT level (SA of 95 %) referred to the “ferrite+pearlite” structure obtained by TMCP with a rolling finish in a single-phase interval. In the case of rolling finish in a two-phase interval, the best DWTT results (SA of 80 %) were attributed to the structure of quasi-polygonal/acicular ferrite. The formation of bainite under a later AC finish (at $\leq 450\text{ °C}$) resulted in a drastic decrease in DWTT behavior. TMCP/AC processing with a rolling finish in a two-phase interval had an advantage in YTS and UTS at any T_{ACF} . This behaviour is presumably attributed to the nanosized ($12.5\pm 0.25\text{ nm}$) (Nb,V)C particles precipitated during the “austenite \rightarrow ferrite” transformation. The dispersion hardening contributes 24.1 MPa which is compatible with the difference in strength between two TMCP schedules.