

УДК 638.45:669.295

DOI <https://doi.org/10.26661/2071-3789-2020-1-01>

Колобов Герман Олександрович, професор-консультант, кандидат технічних наук, Запорізький національний університет, ORCID: 0000-0003-4593-0562

Панова Віра Олегівна, старший інженер технічного відділу, ВАТ «Запорізький титаномagneсієвий комбінат», Запорізький національний університет, ORCID: 0000-0001-81-251X

Нестеренко Тетяна Миколаївна, доцент, кандидат технічних наук, Запорізький національний університет, ORCID: 0000-0001-7900-8512

Кириченко Олексій Геннадійович, доцент, кандидат технічних наук, Запорізький національний університет, ORCID: 0000-0002-3032-1919

Румянцев Владислав Ростиславович, доцент, кандидат технічних наук, Запорізький національний університет, ORCID: 0000-0003-3182-2536

Бережна Ольга Русланівна, доцент, кандидат технічних наук, Запорізький національний університет, ORCID: 0000-0001-6728-5221

СУЧАСНИЙ СТАН І ПРОГНОЗ РОЗВИТКУ СВІТОВОЇ ТИТАНОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА ПЕРІОД ДО 2026 РОКУ

Повідомлення 4. Феротитан

Описано сучасний стан світових потужностей з виробництва феротитану. Проаналізовано вимоги споживачів до сортів феротитану. Вказано ринки та обсяги споживання титанвмісної продукції, одержаної з його використанням. Розглянуто ситуацію з міжнародною торгівлею феротитаном, Вказано головні експортери та імпортери, а також обсяги та напрями експорту й імпорту. Подано прогноз до 2026 р. у частині попиту на феротитан за сферами застосування, а також рівня цін.

Ключові слова: феротитан, виробничі потужності, торгівля, експорт та імпорт, ціни, прогноз

Вступ. Дана публікація, що присвячена феротитану, завершує серію статей, об'єднаних загальною темою «Сучасний стан і прогноз розвитку світової титанової промисловості на період до 2026 року» [1-5].

Вперше феротитан було одержано в 1798 р. методом сплавлення залізного та титанового брухту з масовою долею останнього від 25 до 70%. Нині такий матеріал є головним видом титанової продукції, його додають до сталі для легування її титаном [6-11].

Світові виробничі потужності та технології одержання [12]. Головна частина світових потужностей з виробництва феротитану становить біля 100 тис. т/год. і зосереджена у Великій Британії, Російській Федерації та КНР. Виробництво феротитану у Великій Британії, яке базується на використанні відходів, що імпортують, і Російській Федерації призначено, в основному, для експорту, тоді як у КНР, головним чином, для внутрішнього використання. У 2016 г. Велика Британія була, ймовірно, найкрупнішим виробником, хоча вважається, що Російська Федерація має більші виробничі потужності.

Російська Федерація на чотирьох підприємствах виробляє 26,8 тис. т/рік феротитану, КНР – 19,6 тис. т/рік, Велика Британія – більше ніж 31 тис. т/рік. З інших помітних виробників феротитану слід зазначити Естонію (експорт-імпорт), США та Україну.

Найбільшими виробниками феротитану у Великій Британії є компанії «*Tivac Alloys*», «*AMG Superalloys UK*» (виробляють 25 тис. т/рік легкоплавкого феротитану із застосуванням технології індукційної плавки суміші чистої титанвмісної сировини та низьковуглецевої сталі) і «*Mottram*» (виробляє 6 тис. т/рік 25, 40 і 70%-го феротитану). Компанія «*AMG Superalloys UK*» також виробляє спеціалізовані лігатури та покриття для аерокосмічної, енергетичної та спеціальної металургійної промисловості.

Найбільшими виробниками феротитану у Російській Федерації є ВАТ «Корпорація ВСМПО-АВІСМА» (близько 10 тис. т/рік 65...75%-го феротитану за технологією індукційного та електрошлакового переплавлення) і ВАТ «Ключевський завод феросплавів «MIDURAL GROUP» (потужністю 10 тис. т/рік), що виробляє чотири марки феротитану: ФТИ70С5, ФТИ35С7, ФТИ35С8 і ФТИ25 у шматках масою не більше ніж 15 кг, розміром часточок до 230 мм з щільністю 6,0...6,2 г/см³ і температурою плавлення 1593...1773 К. Деякий обсяг виробництва феротитану у Російській Федерації замінено виробництвом компанії «Mast Europe OU» (Естонія), виробничі потужності якої оцінюються у 10 тис. т/рік.

Для одержання феротитану можна застосовувати нестандартні титанові відходи у вигляді шматків, брикетів і сипких подріблених обрізків. Останнім часом все частіше застосовують так звані «старі» титанові відходи. Для виробництва феротитану з певним вмістом додавань всі титанові відходи сортують залежно від сплаву або групи сплавів. Для одержання одного фунта титану (1 фунт = 0,453 кг), що міститься у готовому продукті (феротитані), потрібно близько одного фунта відходів, які створюються під час виробництва злитків титанових сплавів і титанових виробів.

Інші марки феротитану, наприклад, деякі марки виробництва компанії «Globe Titanium» (США), потребують низького вмісту алюмінію. Для одержання такої продукції при застосовують технічно алюмінію. Проте несортовий губчатий титан може мати значний вміст заліза, хлоридів металів і кисню, поступаючи у вигляді дрібниці після дроблення значних фрагментів губчатого титану.

Феротитан одержують також алюмотермічним відновленням ільменіту (зазвичай містить від 30 до 40% титану) із засосуванням алюмінієвих відходів (як відновника) і відходів сталі, вапна та плавикового шпату [11]. У цьому разі ціна на феротитан визначається вартістю ільменіту, відходів алюмінію та сталі, а для одержання одного фунта титану, що міститься у феротитані, потрібно близько дев'яти фунтів сировини

Споживання феротитану. За оцінками фірми «Roskill» [12], світове споживання феротитану зросло з 56 тис. т у 2010 р. до 70 тис. т у 2016 р., що небагато перевищує цей показник за 2015 р. Більше половини всього споживання феротитану доводиться на країни Азії; країн і Європи звбезпечують чверть світового попиту, а Північна Америка – близько 15%.

Титан є хімічно активним елементом за високої температури і має високу хімічну спорідненість до сірки, вуглецю і газам, таким як кисень та азот. Тому під час виробництва сталі феротитан застосовують для розкислення а, іноді, для денітрифікування та десульфурації. Титан зв'язує вуглець у карбід титану та зміншує розмір зерна.

До сталі, що містить титан, відносять високоміцні низьколеговані та не ржавіючі сталі. Типовий вміст титану у високоміцних високолегованих сталях складає 0,13%, а в нержавіючих і жароміцних сталях – ще нижче. До мікролегованій високоміцних сталей вводять ванадій, ніобій і титан для зміцнення шляхом подрібнення зерна та дисперсійного тверднення, як правило, разом з додаванням міді, молібдену, алюмінію, хрому і/або нікелю.

Всього декілька аустенітних нержавіючих сталей містять титан. Титан додають у дані сталі за однією з трьох причин: для зв'язування вуглецю у карбід титану, підвищення межі плинності та в деякій (малій мірі) для корозійної стійкості. Серед феритних нержавіючих сталей існує багато різних композицій з додаванням титану. Головною причиною додавання титану є зв'язування малої кількості азоту, яка негативно впливає на властивості феритних нержавіючих сталей.

Дякі високотемпературні нікелеві сплави, у тому числі суперсплави для реактивних двигунів, містять титан. До суперсплавів титан додають для підвищення міцності (у

тому числі, за рахунок утворення карбідів титану), проте цей метал здійснює негативний вплив на стійкість таких сплавів до окислення.

Ключовими сферами кінцевого застосування титанвмісних сталей є наднизькоуглецеві та вдосконалені високоміцні сталі, що використовують в автомобільній промисловості та приладобудуванні. За оцінками роботи [12], приблизно 80% застосувань феротитану доводиться на використання в автомобілях і приладах у сталях містять 0,13% титану. Проте слід зазначити, що останніми роками сталеливарна промисловість використовує менше феротитану для застосування в автомобільних сталях, оскільки виробники автомобілей орієнтовані на проекти на проекти, що потребують легші, тонші і високоміцні сталі, що дозволить понизити загальну вагу транспортного засобу та зменшити споживання палива. Така тенденція свідчить про те, що учасники ринку задаються питанням о том, що учасники ринку задаються питаннями про досягнення ринком у ближньому майбутньому пікового споживання феротитану.

Характерною для загальної картини світового споживання феротитану можна вважати ситуацію у США, де у углецевих сталях використовують 48,2% споживаного феротитану, у високоміцних низьколегованих та інструментальних сталях – 6,9%, в суперсплавах – 4,5% та в інших сталях (у тому числі нержавіючих і жароміцних) – 40,4%.

Торгівля феротитаном. Міжнародна торгівля феротитаном значительною мірою забезпечена експортом з Великої Британії (здебільше до Південної Кореї, Японії, Німеччини та Індії) а Російської Федерації (до Німеччини, Естонії та Бразилії). Останніми роками Естонія також стала експортером, більшість продукції якої призначена для Німеччини та Франції. Деяку частину цієї продукції вироблено у Російській Федерації.

Світовий експорт феротитану в 2016 р. склав 61,97 тис. т, головними експортерами є Велика Британія, Російська Федерація, Естонія та Нідерланди. Стільки ж у 2016 р. склав світовий імпорт (головні імпортери – Нідерланди та Німеччина, а також Південна Корея, Франція, Японія та Бразилія). КНР, Російська Федерація, Велика Британія та США задовольняють більшість внутрішніх потреб своїм виробництвом.

Слід зазначити, що транзитна торгівля феротитаном через Нідерланди призводить до подвійного обліку, оскільки більшість продукції більшість продукції, що імпортується до цієї країни, реекспортирують, головним чином, до Бельгії та Німеччини. За опублікованими даними, за останні декілька років загальний обсяг торгівлі феротитаном і титаном з додаваннями феросиліцію складав приблизно 60 тис. т/рік. Оскільки до цієї кількості входить реекспорт з Нідерландів (та інших країн, таких як Естонія) загальний обсяг феротитану, що поступає у міжнародну торгівлю, було, як минимум, на 10 тис. т/рік меншим.

До Нідерландів імпорт поступає з різних країн виробників і, як сказано вище, в основному, реекспортується. Німеччина, як найбільший імпортер, одержує феротитан, головним чином, з Естонії (деякий обсяг якого складає переважана російська продукція), Російської Федерації, Великої Британії та України.

Ціни на феротитан. В 2005 р. ціни за 1 кг феротитану зросли до безпрецедентного рівня, досягнувши 33 долл. США, внаслідок гострого дефіциту відходів (і, отже, зростання цін на них), а також зростання цін на титан у поєднанні з постійно зростаючим попитом з боку сталелітейних підприємств. Проте на початок 2007 р. збільшено пропозицію і падіння цін на відходи призвели к тому, що котирування «*Metal Bulletin*» впало приблизно до 14 долл. США за 1 кг. Впродовж року ціни на феротитан неухильно знижувалися, оскільки зростання кількості відходів, що утворилися, супроводжувалося їх надлишковою пропозицією. У 2008 р. ціни оставалися стабільними, чому сприяв стійкий попит з боку виробників легированої сталі, проте з настанням глобальної фінансової кризи у 2009 р. ціни на феротитан впали, досягнувши у квітні 2009 р. відмітки 2,80 долл. США/кг.

У міру зменшення постачань відходів ціни на феротитан почали підвищуватися і у першому півріччі через відновлення інтересу з боку споживачів, спостерігалось підвищення цін вище ніж 7 долл. США/кг. У другому півріччі 2010 р. і в першому півріччі 2011 р. ціни продовжували змінюватися, досягнувши у червні 2011 р. 9,50 долл. США/кг, оскільки виробники феротитану зазнавали значних складнощів під час закупівлі відходів. Потім ціни на феротитан поступово знижувалися і, за винятком короткого періоду зростання на початку 2012 р., тенденція зниження цін тривала.

У 2013 р. максимальний рівень ціни в Європі на високопроцентний (70%-ий) феротитан у середньому складав 6,40 долл. США/кг, в 2014 р. – 6,10 долл. США/кг, в 2015 р. – 5,10 долл. США/кг і в 2016 р. – 3,60 долл. США/кг.

Прогноз на 2026 рік. Із збільшенням кількості відходів, які утворюються, що, пов'язано з вищим попитом на титанові вироби, в основному в аерокосмічній промисловості, очікується, що ринок феротитану буде як і раніше забезпечений дешевою сировиною. За прогнозами фірми «Roskill» [12], до 2020 р. щорічне споживання феротитану буде утримуватися у діапазоні 70...80 тис. т/рік. До 2026 р. споживання феротитану буде залишатися на рівні 80...85 тис. т/рік, в 2026 р. очікується 87 тис. т/рік.

Одним з чинників попиту на феротитан є виробництво зварних труб, ~15% яких виготовляють із застосуванням титану. Стійке зростання видобутку природного газу призведе до збільшення попиту на трубопроводи, для яких будуть потрібними значні обсяги високоміцної низьковуглецевої титанвмісної сталі. Не дивлячись на те, що в секторі автомобілебудування застосовують незначну кількість феротитану, вірогідним представляється високий рівень його споживання через безперервно зростаюче світове виробництво автомобілей із достроковою тенденцією його підвищення.

Завдяки поліпшенню перспектив у виробництві нержавіючих і спеціальних сталей (після спаду в 2015 р. і 2016 р.) можливою є стабілізація цін на феротитан. За очікуванням фірми «Roskill», протягом більшої частини прогнозованого періоду номінальна ціна на феротитан у середньому складе 5...6 долл. США/кг, а до кінця періоду (2026 рг.) ціна досягне рівня 6,47 долл. США/кг.

Із збільшенням постачань відходів, що одержують під час виробництва титану вищих переділів (в основному в аерокосмічній промисловості), очікується, що ринок феротитану буде як і раніше забезпеченим сировиною за низькою ціною. У перспективі ціноутворення можуть чекати такі чинники, як сплески попиту або низькі темпи зростання. В цьому разі ціна на феротитан може знаходитися на рівні близько 3,0 долл. США/кг або наближатися до нього. Очікується, що в осяжному майбутньому реальна ціна на феротитан залишатиметься на низькому рівні.

Бібліографічний перелік

1. Колобов Г. А., Печерица К. А., Осипенко А. В., Бубинец А. В. Мировая титановая промышленность и прогноз до 2026 года. Сообщение 1. Титан губчатый. *Металургія : наукові праці ЗДІА*, 2018. Вип. № 1 (39). С. 5-9.
2. Колобов Г. А., Печерица К. А., Осипенко А. В., Бубинец А. В. Мировая титановая промышленность и прогноз до 2026 года. Сообщение 2. Литые титановые заготовки. *Металургія : наукові праці ЗДІА*, 2018. Вип. № 2 (40). С. 3-6.
3. Колобов Г. А., Печерица К. А., Павлов В. В., Панова В. О. Мировая титановая промышленность и прогноз до 2026 года. Сообщение 3. Титановые изделия. *Металургія : наукові праці ЗДІА*, 2019. Вип. 1 (41). С. 5-8.
4. Колобов Г. А., Распорня Д. В., Осипенко А. В. Панова В. О. Обращение с титановыми отходами. *Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні*. 2019. № 1. С. 85-87.
5. Колобов Г. А., Овчинников А. В., Осипенко А. В., Панова В. О. Титановые порошки: современное состояние технологий и рынка. *Титан*. 2019. № 4. С. 24-29.

6. Гасик М. И., Лякишев М. П., Емлин Б. И. Теория и технология производства ферросплавов : учеб. для вузов. Москва : Metallurgiya, 1988. 784 с.
7. Поволоцкий Д. Я., Рошин В. Е., Мальков Н. В. Электрометаллургия стали и ферросплавов. Москва : Metallurgiya, 1995. 592 с.
8. Гасик М. И. Теория и технология электрометаллургии ферросплавов. Москва: Интернет Инжиниринг, 1999. 764 с.
9. Рожихина И. Д., Нохрина О. И. Теория и технология производства ферросплавов : учеб пособие. Ч. 1. Новокузнецк : Сиб. гос. индустр. ун-т, 2006. 258 с.
10. Рожихина И. Д., Нохрина О. И. Теория и технология производства ферросплавов : учеб пособие. Ч. 2. Новокузнецк : Сиб. гос. индустр. ун-т, 2006. 213 с.
11. Патент 2516208 РФ, МПК С22 С 33/04 (2006.01). Титаносодержащая шихта для алюмотермического получения ферротитана, способ алюмотермического получения ферротитана и способ алюмотермического получения титаносодержащего шлака в качестве компонента титаносодержащей шихты для алюмотермического получения ферротитана. Оpubл. 20.05.2014. Бюл. № 14.
12. Titanium Metal: Global Industry, Markets and Outlook to 2026 (Seventh Edition, 2017). – London: Roskill inf. Services LTD, 2017. 560 p.

Reference

1. Kolobov H. A., Pecheritsa K. A., Osipenko A. V., Bubinets A. V. Mirovaya titanovaya promyshlennost' i prognoz do 2026 goda. Soobshchenie 1. Titan gubchtyy. *Metallurgy : naukovy pratsi ZDIA*, 2018. vol. 1 (39). pp. 5-9.
2. Kolobov H. A., Pecheritsa K. A., Osipenko A. V., Bubinets A. V. Mirovaya titanovaya promyshlennost' i prognoz do 2026 goda. Soobshchenie 2. Liteye titanovye zagotovki. *Metallurgy : naukovy pratsi ZDIA*, 2018. vol. 2 (40). pp. 3-6.
3. Kolobov H. A., Pecheritsa K. A., Pavlov V. V., Panova V. O. Mirovaya titanovaya promyshlennost' i prognoz do 2026 goda. Soobshchenie 3. Titanovye izdeliya. *Metallurgy : naukovy pratsi ZDIA*, 2019. vol. 1 (41). pp. 5-8.
4. Kolobov H. A., Raspornya D. V., Osipenko A. V., Panova V. O. Obrashchenie s titanovymi otkhodami. *Novi materialy i tekhnologii v metallurgii ta mashynobydyvanni*. 2019. no. 1. pp. 85-87.
5. Kolobov H. A., Ovchinnikov A. V., Osipenko A. V., Panova V. O. Titanovye poroshki: covremennoe sostoyanie tekhnologiy i rynka. *Titan*. 2019. no. 4. pp. 24-29.
6. Gasik M. I., Lyakishv M. P., Emlin B. I. Teoriya i tekhnologiya proizvodstva ferrosplavov: uchebnyk dlya vuzov. Moskva : Metallurgiya, 1988. 784 p.
7. Povolotskiy D. Ya., Roshchin V. E., Mal'kov N. V. Elektrometallurgiya stali i ferrosplavov. Moskva : Metallurgiya, 1995. 592 p.
8. Gasik M. I. Teoriya i tekhnologiya elektrometallurgii ferrosplavov. Moskva: Internet Inzhinirin', 1999. 764 p.
9. Rozhikhina I. D., Nokhrina O. I. Teoriya i tekhnologiya proizvodstva ferrosplavov : ucheb. posobie. Ch. 1. Novokuznetsk : Sib. gos. indust. university, 2006. 258 p.
10. Rozhikhina I. D., Nokhrina O. I. Teoriya i tekhnologiya proizvodstva ferrosplavov : ucheb. posobie. Ch. 2. Novokuznetsk : Sib. gos. indust. university, 2006. 213 p.
11. Patent 2516208 RF, МПК С22 С 33/04 (2006.01). Titanosoderzhashchaya shikhta dlya ayumotermicheskogo polucheniya ferrotitana, sposob alyumotermicheskogo polucheniya titanosoderzhashchego shlaka v kachestve komponenta titanosoderzhashchey shikhty dlya alyumotermicheskogo polucheniya ferrotitana. Opubl. 20.05.2014. Byul. no. 14.
12. Titanium Metal: Global Industry, Markets and Outlook to 2026 (Seventh Edition, 2017). London : Roskill inf. Services LTD, 2017. 560 p.

Kolobov Herman, professor-consultant, candidate of technical sciences, Zaporozhe national university.

Panova Vera, of technical department, LTD «The Zaporozhe titanium-magnesium combine».

Nesterenko Tetiana, associate professor, candidate of technical sciences, Zaporozhe national university.

Kirichenko Aleksej, associate professor, candidate of technical sciences, Zaporozhe national university.

Rumyantsev Vladislav, associate professor, candidate of technical sciences, Zaporozhe national university.

Volyar Roman, associate professor, candidate of technical sciences, Zaporozhe national university

MODERN STATE AND PROGNOSIS OF DEVELOPMENT FOR WORLD TITANIC INDUSTRY ON PERIOD TO 2026

Report 4. Ferrotitanium

The current state of ferrotitanium production capacities is described by producing countries as both the largest such as Great Britain, Russian Federation and China and less powerful ones as Estonia, USA, Ukraine. The largest companies of these countries are indicated (Tivac Alloys, AMG Superalloys UK, Mottram, AMG Superalloys UK, VSMPO-AVISMA, MidUral Group, Globe Titanium, Mast Europe) with their production technologies and ferrotitanium grades. The requirements of consumers for different grades of ferrotitanium are analyzed. Markets and consumption volumes of titanium-containing products obtained using ferrotitanium (titanium-containing ultra-low-carbon, high-strength low- and high-alloyed, stainless steels, superalloys) are indicated. The situation with international trade in ferrotitanium is considered; the main exporters and importers are indicated, as well as the volumes and directions of exports and imports. The share of ferrotitanium re-exports through the Netherlands and Estonia is also taken into account. The dynamics of the price level for ferrotitanium since 2005 has been analyzed, with an indication of the reasons influencing the pricing. A forecast up to 2026 is presented in terms of demand for ferrotitanium by application and price level. According to forecasts, by 2026 ferrotitanium consumption will remain at the level of about 85 thousand tons per year. It is expected that the ferrotitanium market will continue to be provided with cheap raw materials. The price will reach the level of USD 6.47 per kg. In the future, pricing can be expected by factors such as surges in demand or low growth rates. In this case, the price of ferrotitanium may be at or close to \$ 3.0 per kg. Some demand factors are analyzed. The real price of ferrotitanium is expected to remain low for the foreseeable future.

Стаття надійшла: 14.08.2020 р.