О.В. Ноговіцин, д-р техн. наук, зав. відділу, e-mail: alexey.nogovitsyn@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2929-5300>

І.А. Нурадінов, інж. I кат., e-mail: inuradinov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8916-5247>

Д.О. Петренко, мол. наук. співр., e-mail: dima-petrenko@meta.ua, <https://orcid.org/0000-0002-7546-9503>

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України (Київ, Україна)

До питання виникнення дефектів поверхні сталевих штаби при валковій розливці

Статтю присвячено виявленню причин і механізму утворення поверхневих дефектів у сталевих штабах, які одержують методом валкової розливки. Наведено кілька відомих гіпотез, які пояснюють причини і механізм утворення таких дефектів, як тріщини, зморшки, нерівності, «крокодиляча шкіра» та інші. У статті розглянуто механізм виникнення поверхневих дефектів, заснований на теоретичному аналізі параметрів течії і напруг затверділого металу у зоні прокатки, так званий «ефект прокатки». Метал в зоні прокатки унаслідок пластичної деформації змушений переміщуватися відносно поверхні валка як вперед, так і назад. Зворотне переміщення металу із зони деформації, впливаючи на скоринку металу у зоні кристалізації, призводить до стиснення її у тангенціальному напрямку і відшарування у радіальному напрямку, тобто створюються передумови для руйнування скоринки металу перед входом у зону деформації. Під дією цих напруг скоринка затверділого металу може відшаровуватися та/або відламуватися від поверхні валка. Ситуація ускладнюється тим, що для вуглецевих і низьколегованих сталей перехід із в'язкого у крихкий стан відбувається за температур, близьких до «солідусу». Порожнини, що утворилися між валком і твердим металом, заповнюються рідким розплавом, утворюючи суміш із уламків твердої скоринки і рідкого або напіврідкого розплаву. У зоні випередження зовнішні шари штаби, під дією розтягувальних напруг, деформуються і можуть набувати, наприклад, виду «крокодилячої шкіри». Для обґрунтування запропонованої гіпотези виконано розрахунки з оцінки впливу параметрів технології двовалкової розливки (TRC) на кінематичні та силові параметри у зоні прокатки. Це дозволило зробити ряд важливих практичних висновків. Під час лиття сталевих штаб на TRC доцільно знижувати обтиснення до мінімуму, який забезпечить лише зварювання затверділих скоринок, тобто наскрізна кристалізація штаби повинна завершуватися у безпосередній близькості до лінії виходу металу із валків. Реалізація цієї технології дозволить вести процес розливки на високій швидкості при низькому зусиллі притиснення валків. Формування литої штаби необхідної якості доцільно перенести на наступні гарячу та холодну прокатки.

Ключові слова: валкова розливка, вуглецеві та низьколеговані сталі, дефекти поверхні, технологія розливки, кінематичні і силові параметри прокатки.

Вступ. Валкова розливка-прокатка є одним із найбільш перспективних і ефективних процесів виробництва сталевих листів. До переваг цієї технології відносять компактність агрегату та економію до 80–89 % енергоресурсів за рахунок відсутності проміжного підігріву металу і мінімізації числа технологічних операцій. Однак, незважаючи на спроби впровадження у виробництво технології двовалкової розливки, на сьогодні не вдається повною мірою вирішити завдання сталого промислового процесу отримання якісного сталевих листів. За результатами опитування 8 японських провідних фірм [1], які займаються розробкою процесу прямого отримання штаби із розплаву з використанням двовалкових кристалізаторів (TRC), виявлено, що до

числа основних проблем, з якими стикаються при реалізації технології безперервної розливки на TRC, входять дефекти поверхні литої штаби. На сьогодні відсутня загальновизнана класифікація дефектів і причин, які їх викликають. Найбільш часто згадуються наступні дефекти поверхні литої штаби: тріщина («surface cracks»), зморшки («wrinkles»), нерівності («namely», «depressions»), поперечні смуги деформації та інші.

Стан питання. Існують різні гіпотези про причини появи дефектів поверхні литої штаби і шляхи їх запобігання. **Гіпотеза № 1.** Автори роботи [2] вважають, що через випадково малі відхилення товщини скоринки на валках прокочуються і сильно охолоджуються тільки більш товсті ділянки. Відбувається розмежування на

гарячі і холодні ділянки, які мають відмінні механічні властивості у поздовжньому і поперечному напрямках. Внаслідок цього у штабі виникає напруга, при перевищенні якої можуть з'явитися тріщини. Для отримання якісної штаби пропонується застосувати підбір матеріалу покриття валка у поєднанні зі спеціальним мікрорельєфом поверхні валка [3, 4], зменшити тиск на валки [5] і використовувати захисну атмосферу [3, 6], що дозволить зменшити тепловий потік від металу до валка і внутрішню напругу у штабі. **Гіпотеза № 2.** У роботі [9] вважається, що дефекти штаби пов'язані з будь-якими порушеннями на меніску рідкої сталі. Турбулентні потоки [7] і хвилястість на поверхні розплаву [8, 9] можуть призвести до появи поверхневих тріщин. Для зменшення хвилястості запропоновано використовувати сопло спеціальної конструкції, занурене в ванну розплаву [10]. Підвищення швидкості лиття вище критичної дозволяє запобігати утворенню зморшок («wrinkles») і знижує нерівності («namely», «depressions») на поверхні штаб з неіржавіючої сталі [9]. **Гіпотеза № 3.** Автори роботи [11] звертають увагу на те, що промисловий розвиток двовалкового процесу досягнутий, в основному, для неіржавіючих сталей. Для низьколегованих сталей складніше отримати необхідну якість листа. Показано, що відносно невелика кількість легуючих елементів у сталі (0,088 % Ti) дуже впливає на усунення дефектів поверхні литої штаби, хоча, як зазначають автори [11], основні механізми незрозумілі до теперішнього часу. **Гіпотеза № 4.** У роботі [12] наводяться дані про дефекти литих штаб на реально працюючій промисловій двовалковій установці CASTRIP. Відзначено два типи поверхневих дефектів: «chatter» («вібрація, деренчання, балаканина») і «crocodile skin» («крокодиляча шкіра»). Низькошвидкісні «chatter» утворюються, коли швидкість лиття низька. Автори роботи [12] вважають, що у цьому випадку відбувається передчасне замерзання верхнього меніска і слабка скоринка затверділого металу втягується у ванну розплаву. При високій швидкості розливання рідина, яка живить меніск, не встигає за обертовими поверхнями валків, і між рідким металом і валком у верхній частині ливарної ванни відбувається проковзування, що викликає появу поперечних смуг деформації на литій штабі. У роботі [12] також вважають, що дефект «крокодиляча шкіра» присутній тоді, коли δ - та γ -фази тверднуть одночасно. Ці фази мають різну теплопровідність і характеристики міцності, що призводить до локальних деформацій штаби металу та утворення дефекту «крокодиляча шкіра».

Запропоновані гіпотези

1. Щодо дефекту «крокодиляча шкіра». Метал у зоні прокатки внаслідок пластичної деформації змушений переміщуватися відносно поверхні валка як вперед, так і назад (рис. 1). Тобто реалізуються дві різні за кінематикою ділянки – область випередження (швидкість випередження ΔV_1), де швидкість течії металу вище окружної швидкості валка-кристалізатора, і область відставання (швидкість відставання ΔV_2), де швидкість течії металу менше окружної швидкості валка-кристалізатора. Зони розділяє, так званий у теорії прокатки «нейтральний переріз», положення якого характеризується величиною центрального кута γ .

Рис. 1. Схема руйнування скоринки

Зазначену особливість пластичної деформації затверділих скоринки у валках називають «ефектом прокатки».

Зворотне переміщення металу із зони деформації, впливаючи на скоринку металу у зоні кристалізації, призводить до деформації стиснення у тангенціальному напрямку і відштовхування її від поверхні валка в радіальному напрямку, тобто створюються передумови для руйнування скоринки металу перед входом у зону деформації. Під дією напруг, що виникають, скоринка затверділого металу відшаровується та/або відламується від поверхні валка (див. рис. 1). Порожнини, які утворилися між валком і твердим металом, заповнюються рідким розплавом, утворюючи суміш із уламків твердої скоринки та рідкого або напіврідкого розплаву. У зоні випередження зовнішні шари штаби, під дією розтягувальних напруг, деформуються і можуть набувати вигляду «крокодилячої шкіри».

За даними [13], перехід вуглецевих і низьколегованих сталей із в'язкого у крихкий стан відбувається за температур, близьких до «солідусу». У цій роботі також показано, що технологічну пластичність безперервно-литих заготовок із вуглецевих і низьколегованих сталей покращує мікрولةгування титаном і кальцієм. У неіржавіючих аустенітних сталей провалів пластичності не виявлено. Можливо, з цією властивістю пов'язана технологічність прямого лиття штаби із неіржавіючих сталей.

2. Щодо дефекту «вібрація». Опір скоринки зворотному переміщенню створює силовий підпір металу на вході у зону деформації. Цей вплив призводить до зміни напруженого стану металу у зоні деформації, зростання контактних напружень і, у цілому, до зростання зусилля P , що впливає на валки. Зростання зусилля прокатки на величину ΔP призводить до пружної деформації елементів валкової системи і зміни величини міжвалкового зазору (рис. 2), отже, до збільшення товщини штаби Δh_1 на виході із валків-кристалізаторів:

$$\Delta h_1 = \Delta P / c_k, \quad (1)$$

де c_k – модуль пружності валкової системи, МН/мм.

Рис. 2. Схема впливу заднього підпору на зміну товщини литої штаби: а – без підпору; б – з підпором

Крім зростання зусилля, під дією заднього підпору зростає випередження ΔV_1 і, відповідно, швидкість V_1 штаби на виході із валків. У цілому, за рахунок збільшення ΔV_1 і Δh_1 , зростає витрата металу на виході із валків. У зв'язку з цим, силовий підпір на вході у зону деформації слабшає, зусилля прокатки знижується, і товщина штаби повертається до початкового розміру h_1 . На наступному відрізку часу Δt_{i+1} ситуація повторюється. Протяжність тимчасового відрізка Δt знаходиться у оберненій залежності від швидкості валкової розливки: чим вища швидкість розливки, тим вищою буде частота коливань валків. У результаті описаних циклічних впливів процес розливки піддається «вібрації», а штаба набуває дефекту «ребристість».

Розрахунки. У статті зроблено спробу кількісно оцінити вплив параметрів технології TRC на «ефект прокатки». В основу алгоритму покладено спрощені моделі твердіння [16] та деформації скоринки [17].

Виконано розрахунки кінематичних і силових параметрів у зоні деформації при валковій розливці низьковуглецевої сталі 10 (C10E) товщиною 2 мм (таблиця). Коефіцієнт тертя прийняли рівним $f = 0,5$. На основі отриманих даних побудовано графіки (рис. 3). З розрахункових даних випливає, що при зменшенні швидкості валків від 108 до 54 м/хв збільшується протяжність зони деформації втричі, відносно обтиснення затверділого металу зростає з 5,3 до 33,5 %, зростає зворотна швидкість ΔV деформованого металу (від 63 до 225 мм/с), створюючи тиск на затверділу скоринку перед входом її у зону деформації (прокатки). Розрахункове зусилля прокатки, з урахуванням підпору, зростає з 1990 до 56795 кН. Ці значення досить великі й у реальних умовах далеко не завжди можуть бути реалізовані. У дійсності на TRC "CASTRIP" швидкість розливки сталевих штаб товщиною 1,6 мм складає 80 м/хв [12]. Як випливає із графіка (рис. 3, а), відносне обтиснення при цьому становить ~ 15 %, зусилля прокатки ~ 11000 кН.

Висновки

При литті сталевих штаб на TRC вважаємо доцільним знижувати обтиснення до мінімального значення, яке забезпечить лише зварювання затверділих

Рис. 3. Залежність обтиснення (а), зворотної швидкості металу (б) і зусилля прокатки (в) від швидкості розливки-прокатки на TRC низьковуглецевої сталі 10 (C10E) товщиною 2 мм

Розрахункові параметри валкової розливки-прокатки на TRC низьковуглецевої сталі 10 (C10E) товщиною 2 мм

Технічна характеристика	Значення				
Зовнішній діаметр валка-кристалізатора, мм	500				
Метал, що розливається	Сталь 10				
Кут контакту металу з валком, град/рад	30/0,53				
Товщина литої штаби h_1 , мм	2,0				
Ширина литої штаби B , мм	1000				
Ширина ванни металу, мм	70				
Висота ванни металу, мм	135				
Режим розливання, №	1	2	3	4	5
Швидкість розливання, м/хв	108	90	78	66	54
Частота обертання валка, об/хв	69	57	50	42	34
Кут зони деформації α , град	1,2	1,8	2,4	3,0	3,8
Кут зони деформації α , рад	0,021	0,032	0,042	0,052	0,067
Товщина затв. металу h_0 , мм	2,1	2,25	2,45	2,70	3,00
Обтиснення металу $(h_0-h_1)/h_0$, %	5,3	11,2	18,3	25,9	33,5
Коефіцієнт тертя f	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Нейтральний кут γ , град	0,57	0,86	1,14	1,37	1,71
Нейтральний кут γ , рад	0,010	0,015	0,020	0,024	0,030
Випередження S_1	0,013	0,029	0,048	0,070	0,111
Відставання S_0	0,035	0,085	0,144	0,206	0,258
Зворотна швидкість (V_0-V_B), мм/с	63	126	184	222	225
Час переміщення τ_0 , с	0,0015	0,0028	0,0042	0,0062	0,0099
Температура поверхні штаби, °C	780	793	801	819	831
Температура центру штаби, °C	1407	1361	1323	1285	1259
Середня температура штаби, °C	1094	1077	1062	1052	1045
Опір деформації σ_{cp} , Н/мм ²	80	103	123	138	147
Середній тиск без підпору p_{cp} , Н/мм ²	207	493	1035	1817	1756
Зусилля прокатки без підпору, кН	1084	3947	10862	23616	29409
Середній тиск з підпором p_{cp} , Н/мм ²	379	939	2006	3554	3390
Зусилля прокатки з підпором, кН	1990	7513	21066	46196	56795

скоринок. Цей висновок збігається з думкою інших дослідників [18, 19], які вважають, що наскрізна кристалізація штаби повинна завершуватися у безпосередній близькості до лінії виходу металу із валків. Реалізація цієї пропозиції дозволить вести процес розливки на високій швидкості при невисокому зусиллі

притиснення валків. У цьому випадку формування литої штаби необхідної якості (геометрія, структура, властивості) доцільно перенести на наступні гарячу та холодну прокатки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Shibuya K., Ozawa M. Strip. Casting Techniques for Steel. *ISIJ International*. 1991. Vol. 31. No. 7. P. 661–668.
2. Büchner A.R., Zimmermann H. Cracking phenomena in twin roll strip casting of steel. *Steel Research*. 2002. Vol. 73. Iss. 8. P. 327–331. doi: <https://doi.org/10.1002/srin.200200217>. «Новости черной металлургии за рубежом». 2003. № 2. С. 54–61.
3. D.-Y. Choo, S. Lee, H.-K. Moon, T. Kang. Metallurgical and Materials Transaction A, 32A (2001), 2249. «Черные металлы». Ноябрь 2004. С. 10–24.
4. A. Buchner, H. Zimmermann: Steel Research, 73 (2002), No. 8, 327. «Черные металлы». Ноябрь 2004. С. 10–24.
5. M. Ha, J. Choi, S. Jeong, H. Moon, S. Lee, T. Kang: Metallurgical and Materials Transactions A, 33A (2002), 1487. «Черные металлы». Ноябрь 2004. С. 10–24.
6. T. Mizoguchi, K. Miyazawa, Y. Ueshima: Tetsu-To-Hagane, 80 (1994), No. 1, 36. «Черные металлы». Ноябрь 2004. С. 10–24.
7. S. Tanaka, I. Suichi, S. Ogawa, T. Furuya, K. Sasaki, K. Yanagi: Steelmaking Conference Proceedings, Iron and Steel Society, Washington, USA, 74 (1991), 809. «Черные металлы». Ноябрь 2004. С. 10–24.
8. H. Yasunaka, K. Taniguchi, M. Kokita, T. Lnoe: ISIJ International, 35 (1995), 784. «Черные металлы». Ноябрь 2004. С. 10–24.
9. T. Mizoguchi, K. Miyazawa and Y. Ueshima. Relation Profile between of Molten Surface Quality Pool in the Twin of Oast Strips and Meniscus Roll Casting Process. *ISIJ International*. 1996. Vol. 36. No. 4. P. 417–423.
10. R.P. Tavares, R.I.L. Guthrie: Canadian Metallurgical Quarterly, 37 (1998), No. 3–4, 241. «Черные металлы». Ноябрь 2004. С. 10–24.
11. A. Girgensohn, A.R. Büchner and K.-H. Tacke. Twin roll strip casting of low carbon steels. *Article in Ironmaking & Steelmaking*. August 2000. P. 317–323. doi: <https://doi.org/10.1179/030192300677615>
12. Sa Ge, M. Isac and R.I.L. Guthrie. Progress in Strip Casting Technologies for Steel; Technical Developments. *ISIJ International*. 2013. Vol. 53. No. 5. P. 729–742.
13. Скок Ю.Я., Найдек В.Л., Якобше Р.Я. и др. Анализ провалов пластичности стали при высоких температурах. *Процессы литья*. 2002. № 4. С. 56–61.
14. T. Mizoguchi, K. Miyazawa. Formation of solidification structure in a twin-roll rapid solidification process. *Advanced Materials and Process*. 1990. Vol. 1. P. 93–98.
15. T. Mizoguchi, K. Miyazawa. Formation of Solidification Structure in Twin-Roll Casting Process of 18er-Sni Stainless Steel. *ISIJ International*. 1995. Vol. 35. No. 6. P. 771–777.
16. Ноговицын А.В., Баранов И.Р. Коэффициент скорости кристаллизации при двухвалковой разливке-прокатке стали и алюминия. *Металл и литье Украины*. 2013. № 7 (242). С. 14–17.
17. Коновалов Ю.В., Остапенко А.Л., Пономарев В.И. Расчет параметров листовой прокатки. Справочник. М.: Металлургия, 1986. 430 с.
18. Zhang X.M., Jiang Z.Y., Liu X.H., Wang G.D. Modelling of the micro-segregation of twin-roll thin strip casting. *Journal of Materials Processing Technology*. 2005. № 162–163. P. 591–595.
19. Kloss W. Duennbandgiessen mit variablem Giessspalt. Umformtechnische Schriften. Band 144. Aachen: Shaker Verlag, 2005. 179 p.

Надійшла 08.07.2020

REFERENCES

1. Shibuya, K., Ozawa, M. (1991). Strip. Casting Techniques for Steel. *ISIJ International*, vol. 31, no. 7, pp. 661–668.
2. Büchner, A.R., Zimmermann, H. (2002). Cracking phenomena in twin roll strip casting of steel. *Steel Research*, vol. 73, iss. 8, pp. 327–331. doi: <https://doi.org/10.1002/srin.200200217>. «Novosti chernoy metallurgii za rubezhom», no. 2 (2003), pp. 54–61.
3. D.-Y. Choo, S. Lee, H.-K. Moon, T. Kang. (2001). Metallurgical and Materials Transaction A, 32A (2001), 2249. «Chernyye metally». November 2004, pp. 10–24.
4. A. Buchner, H. Zimmermann: Steel Research, 73 (2002), No. 8, 327. «Chernyye metally». November 2004, pp. 10–24.
5. M. Ha, J. Choi, S. Jeong, H. Moon, S. Lee, T. Kang: Metallurgical and Materials Transactions A, 33A (2002), 1487. «Chernyye metally». November 2004, pp. 10–24.

6. T. Mizoguchi, K. Miyazawa, Y. Ueshima: Tetsu-To-Hagane, 80 (1994), No. 1, 36. "Chernyye metally". November 2004, pp. 10–24.
7. S. Tanaka, I. Suichi, S. Ogawa, T. Furuya, K. Sasaki, K. Yanagi: Steelmaking Conference Proceedings, Iron and Steel Society, Washington, USA, 74 (1991), 809. "Chernyye metally". November 2004, pp. 10–24.
8. H. Yasunaka, K. Taniguchi, M. Kokita, T. Lnoe: ISIJ International, 35 (1995), 784. "Chernyye metally". November 2004, pp. 10–24.
9. T. Mizoguchi, K. Miyazawa and Y. Ueshima. (1996). Relation Profile between of Molten Surface Quality Pool in the Twin ot Oast Strips and Meniscus Roll Casting Process. *ISIJ International*, vol. 36, no. 4, pp. 417–423.
10. R.P. Tavares, R.I.L. Guthrie: Canadian Metallurgical Quarterly, 37 (1998), No. 3–4, 241. "Chernyye metally". November 2004, pp. 10–24.
11. A. Girgensohn, A. R. Büchner and K.-H. Tacke. (2000). Twin roll strip casting of low carbon steels. *Article in Ironmaking & Steelmaking*. August 2000, pp. 317–323. doi: <https://doi.org/10.1179/030192300677615>
12. Sa Ge, M. Isac and R.I.L. Guthrie (2013). Progress in Strip Casting Technologies for Steel; Technical Developments. *ISIJ International*, vol. 53, no. 5, pp. 729–742.
13. Skok, Yu.Ya., Naydek, V.L., Yakobshe, R.Ya. et al. (2002). Analysis of steel duct dips at high temperatures. *Casting processes*, no. 4, pp. 56–61 [in Russian].
14. T. Mizoguchi, K. Miyazawa (1990). Formation of solidification structure in a twin-roll rapid solidification process. *Advanced Materials and Process*, vol. 1, pp. 93–98.
15. T. Mizoguchi, K. Miyazawa (1995). Formation of Solidification Structure in Twin-Roll Casting Process of 18er-Sni Stainless Steel. *ISIJ International*, vol. 35, no. 6, pp. 771–777.
16. Nogovitsyn, A.V., Baranov, I.R. (2013). The coefficient of crystallization rate during two-roll casting-rolling of steel and aluminum. *Metal and Casting of Ukraine*, no. 7 (242), pp. 14–17 [in Russian].
17. Konovalov, Yu.V., Ostapenko, A.L., Ponomarev, V.I. (1986). Calculation of sheet rolling parameters. Ref. Moscow: Metallurgiya, 430 p. [in Russian].
18. Zhang, X.M., Jiang, Z.Y., Liu, X.H., Wang, G.D. (2005). Modelling of the micro-segregation of twin-roll thin strip casting. *Journal of Materials Processing Technology*, no. 162–163, pp. 591–595.
19. Kloss, W. (2005). Duennbandgiessen mit variablem Giessspalt. Umformtechnische Schriften. Band 144. Aachen: Shaker Verlag, 2005, 179 p. [in German].

Received 08.07.2020

Summary

O.V. Nogovitsyn, Dr. Sci. (Engin.), Head of the Department,
e-mail: alexey.nogovitsyn@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2929-5300>
I.A. Nuradinov, 1-category engineer, e-mail: inuradinov@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0001-8916-5247>
D.O. Petrenko, Junior Researcher, e-mail: dima-petrenko@meta.ua,
<https://orcid.org/0000-0002-7546-9503>

*Physico-technological Institute of Metals and Alloys of the NAS of Ukraine
(Kyiv, Ukraine)*

To the question of formation of steel strip surfaces defects in roll casting

The article is devoted to identify the causes and mechanism of the formation of surface defects on steel strips obtained by the method of roll casting. Several well-known hypotheses are given that explain the causes and mechanism of the formation of defects such as cracks, wrinkles, bumps, "crocodile skin", etc. The mechanism of the appearance of surface defects based on a theoretical analysis of the flow parameters and stresses of the hardened metal in the rolling zone, the title "rolling effect", are discussed in the article. Metal in the rolling zone, as a result of plastic deformation, is forced to move relative to the surface of the roll both forward and backward. A backward movement of the metal from the deformation zone, acting on the metal crust in the crystallization zone, leads to its compression in the tangential direction and delamination in the radial direction, that is, preconditions are created for the destruction of the metal crust before entering the deformation zone. Under the influence of these stresses, the crust of the hardened metal can peel off and/or break off from the surface of the roll. The situation is aggravated by the fact that for carbon and low alloy steels, the transition from the viscous to the brittle state occurs at temperatures close to the "solidus". The cavities formed between the roll and the solid metal are filled with liquid melt, forming a mixture of fragments of a hard crust and a liquid or semi-liquid melt. In the advance zone, the outer layers of the strip under the action of tensile stresses are deformed and can take the form, for example, of a "crocodile skin". To prove the proposed hypothesis, calculations were carried out to evaluate the influence of the parameters of roll casting technology (TRC) on the kinematic and force parameters in the rolling zone. This allowed us to obtain a number of important practical

conclusions. When casting a steel strip on TRC, it is advisable to reduce the reduction to a minimum that will only ensure welding of hardened crusts, that is, through crystallization of the strip should be completed in close proximity to the metal exit line from the rolls. The implementation of this technology will allow the casting process to be carried out at high speed with a low pressure force on the rolls. It is advisable to transfer the formation of the required quality of the cast strip to subsequent hot and cold rolling.

Keywords

Roll casting, carbon and low alloy steels, surface defects, casting technology, kinematic and force rolling parameters.