

О. С. Тарасенко, М. Ю. Шибаниц, Т. Л. Балжи, О. Н. Шибаниц, А. С. Петренко

ЧАО «Мариупольский металлургический комбинат имени Ильича», Мариуполь

Освоение новых видов продукции в ЛПЦ-3000 ЧАО «ММК им. Ильича»

Описано освоение новых видов толстолистового проката в листопрокатном цехе 3000 за 3 года (2014-2016 гг.) по отечественным и зарубежным стандартам, что позволило ЧАО «ММК им. Ильича» укрепить свои позиции в мировой отрасли производства металлопроката и найти новые рынки сбыта готовой продукции.

Ключевые слова: прокат, марка стали, вид сортамента, прочностные характеристики металла, легирование стали, состояние поставки, требования нормативной документации.

Введение. Толстолистовой стан «3000» первоначально проектировался под прокатку листов размерным сортаментом: толщиной 8...25 мм, шириной 1500...2700 мм и длиной листа 6000...12000 мм, где основным видом проката планировался штрипс (лист для производства электросварных труб) марок стали типа 13-17Г1СУ, 09-10Г2ФБ и др. класса прочности К52...К60.

Впоследствии размерный сортамент был расширен, и в настоящее время в листопрокатном цехе ЛПЦ-3000 производят листовую прокатку размера: толщина 6...50 мм, ширина 1500...2700 мм, длина до 25 м с массой листа до 9,0 т.

Современный сортамент стана – прокат из углеродистых, низколегированных, судовых, высокопрочных и штрипсовых марок стали по отечественным (ДСТУ, ТУ) и зарубежным стандартам (EN, DIN, ASTM, JIS, CSA и др.). Продукция цеха сертифицирована ведущими мировыми классификационными обществами: ТЮФ НОРД и ТЮФ Рейнланд Груп, Американское Бюро Судостроения (ABS), Регистр Ллойда, Германский Ллойд, Норвежский Веритас (DNV), Бюро Веритас (BV), Морской Регистр Судостроения (PMPC), Бюро Франке и др.

Материалы. Для реализации стратегии по расширению рыночной доли ООО «Метинвест Холдинг» путем создания новых видов продуктов, специалисты комбината имени Ильича постоянно разрабатывают документацию и новые технологические процессы для изготовления опытных образцов продукции с новыми качественными или размерными характеристиками.

За период 2014-2016 гг. в рамках программы развития своей специализации, в ЛПЦ-3000 освоен разнообразный сортамент толстолистового проката конструкционных марок стали по зарубежным и отечественным стандартам.

Основное расширение марочного сортамента проводится в 3-х направлениях:

- прокат высокоуглеродистых марок стали;
- прокат высокопрочных марок стали (класса прочности 390 и более);
- прокат коррозионностойких марок стали.

Ниже описаны особенности технологии и результаты освоения толстолистовой продукции в ЛПЦ-3000 по каждому из этих направлений.

Прокат высокоуглеродистых марок стали. Особенность данных марок – высокое содержание углерода (0,40% и более), так как в процессе выплавки стали используют повышенное количество чугуна на плавку и осуществляют строгий контроль за процессом науглероживания стали. Высокоуглеродистые марки стали относятся к трещиностойкому сортаменту, поэтому перед отгрузкой в прокатный цех применяют термостатирование – вылеживание слябов в колодцах кислородно-конвертерного цеха (ККЦ) в течение не менее 3-х суток с момента разлива. Эта технология является такой же эффективной, как и применение охлаждения непрерывнолитых слябов в термосе, но при этом менее затратной [1].

При нагреве слябов в нагревательных печах ЛПЦ-3000 применяют высокотемпературный нагрев с увеличенным временем нагрева по сравнению с требованиями для базового сортамента стана. Прокатку высокоуглеродистых марок стали осуществляют в горячекатаном состоянии – с максимально возможной скоростью прокатки без ограничения температуры конца прокатки в чистой клетке и уменьшением подачи воды на охлаждение валков в клетях стана. Это связано с низкой степенью пластичности металла и большой скоростью остывания в процессе деформации. Допустимые обжатия по проходам снижены на 20% от значений для базового сортамента. После прокатки листы толщиной 16-50 мм транспортируются на участки противоблоксной обработки (ПФО), где подвергаются замедленному охлаждению в штабелях, при этом предусмотрено использование «постели» и «крышки» – под штабель и на него укладывают 2-3 раската толщиной 20-30 мм, ширина и длина которых не менее размеров штабелируемого металла.

Освоено производство проката из высокоуглеродистых качественных сталей S45C по JIS G 4051:2009, C45 по EN 10083-2:2006, а также Сталь 40, 45, 50 и 65Г по ГОСТ 1577-93. Производство стали марки 65Г невозможно в конвертерном цехе комбината, поэтому прокат в ЛПЦ-3000 производят из катаной заготовки ТЛЦ-3600 с выплавкой стали в условиях ЧАО «МК «АЗОВСТАЛЬ».

Особенно важным для комбината явилось освоение производства проката из стали марки 30MnB5 по EN 10083-3:2006, дополнительно легированной

бором. Это позволило удовлетворить потребности машиностроителей Украины для производства деталей сельхозтехники. Прокат этой марки стали соответствует требованиям европейского стандарта, обладает высокими пластичными свойствами, проще подвергается термообработке и имеет лучшую штампуемость, в отличие от марки 65Г, применявшейся ранее в отечественной промышленности. Кроме того, освоено производство стали и проката марки 30MnB5 не только в базовом состоянии согласно EN 10083-3:2006, но и с дополнительными требованиями по загрязненности неметаллическими включениями. Для выполнения этих требований в условиях ККЦ «ММК им. Ильича» производят выплавку с пониженным содержанием вредных примесей, присадку карбида кальция на сливе металла из конвертера, обработку металла на агрегате доводки стали (АДС) порошковой проволокой с Са-содержащим наполнителем без применения химического подогрева металла на АДС.

Микроструктура высокоуглеродистых сталей феррито-перлитная, характеризуется наличием высокой доли перлита, количество которого зависит от содержания углерода в стали. Зерно феррита неравноосное, 10-9 номер, как правило, имеет игольчатую ориентацию, что характерно для горячекатаного состояния.

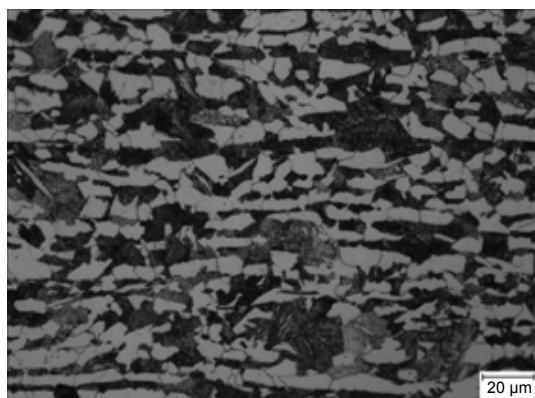
Производство проката из высокопрочных марок стали состоянием поставки «нормализующая прокатка» обуславливается регламентированием температурного диапазона при конечной деформации метал-

ла в валках, что обеспечивает состояние материала подобно тому, которое получают после нормализации. В условиях стана 3000 это достигается при температуре окончания прокатки в чистовой клети в диапазоне 800-900 °С. Поскольку упрочнение металла путем изменения температурно-деформационных режимов прокатки невозможно, то комплекс механических свойств проката достигается путем высокого содержания в стали углерода (С) и марганца (Mn) с применением дополнительного легирования стали ниобием (Nb) и / или ванадием (V).

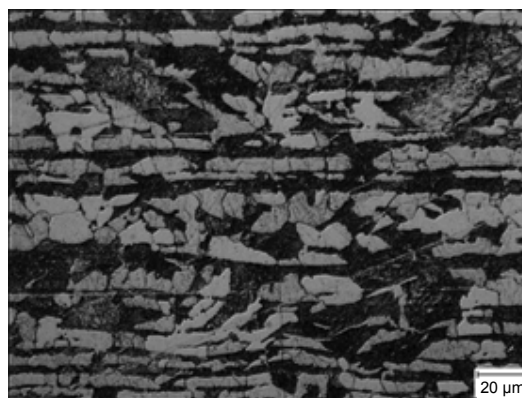
Освоено производство проката высокопрочных марок стали S420N/NL, S460N/NL по EN 10025-3:2004 и SN490B по JIS G 3136:2012, предназначенных для применения в сварных конструкциях, испытывающих большие нагрузки, например, для строительства мостов, шлюзов, резервуаров-хранилищ, резервуаров водоснабжения.

Особенностью нормализующей прокатки является формирование мелкозернистой структуры с равноосными зернами феррита 10-11 номера. При этом измельчение зерна происходит не за счет распада нерекристаллизованного деформированного аустенита, а за счет многократного протекания процесса рекристаллизации между проходами.

При термомеханической прокатке удается достичь высоких прочностных характеристик металла без последующей термообработки путем деформации металла при пониженных температурах конца прокатки, которая в условиях стана 3000 обычно находится в температурном диапазоне 700-800 °С.

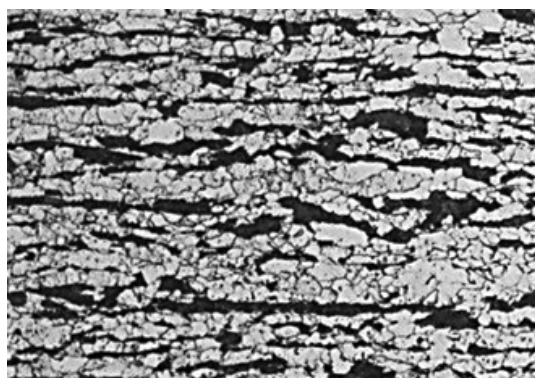


а

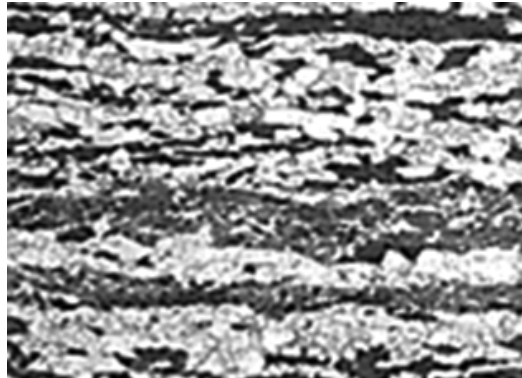


б

Рис. 1. Высокопрочный прокат состоянием поставки «нормализующая прокатка»



а



б

Рис. 2. Высокопрочный прокат состоянием поставки «термомеханическая прокатка»

Возможность применения низкотемпературных режимов прокатки позволяет обеспечить высокий уровень прочностных и вязкостных характеристик при низком содержании углерода (а значит и углеродного эквивалента) и применении экономного легирования стали ниобием (Nb) и / или ванадием (V). Освоенные марки стали можно классифицировать как микролегированные, с добавками ниобия, ванадия и титана (типа марок стали 10Г2ФБ, 08Г1Б), которые обладают улучшенными эксплуатационными характеристиками по сравнению с традиционными углеродмарганцовистыми марками стали (типа марок 17Г1С и 16Г2), которые зачастую изготавливают путем термической обработки (нормализации) [2].

Освоено производство проката марок стали S420MC, S460MC и S500MC по EN 10149-2:1995 с высокими прочностными характеристиками. Особенностями данного стандарта является проведение испытаний на растяжение на образцах, отобранных в продольном направлении при низком содержании углерода (до 0,12%).

Также освоено производство проката из стали марки SS540 по JIS G 3101:2004 (с ограничением содержания углерода и марганца по требованию заказчика), Grade 60 type 1 и Grade 65 type 3 по ASTM A572/A572M (в том числе с дополнительными требованиями заказчика по ударной вязкости KcV).

В процессе термомеханической прокатки формируется дисперсная феррито–перлитная структура, характеризующаяся наличием у поверхности деформированных зерен. Дисперсность такой структуры возрастает с приближением к поверхности горячекатаного листа. Зерна феррита вблизи поверхности 11-12 номер, в середине листа – 10 номер.

Коррозионностойкая сталь. Антиккоррозионные свойства стали, повышенная стойкость к атмосферной коррозии обеспечиваются путем дополнительного легирования стали хромом (Cr), никелем (Ni) и медью (Cu). Их влияние на коррозионную стойкость стали проявляется главным образом в увеличении количества перлита и его дисперсности. Данные легирующие элементы образуют с железом твердые растворы, что повышает электродный потенциал стали. На поверхности металла образуются защитные слои, которые препятствуют диффузии кислорода. Нали-

чие меди заметно повышает коррозионную стойкость за счет дисперсионного твердения, в результате чего повышается прочность феррита.

Ввод хрома осуществляют в ковш в виде феррохрома или ферросиликохрома после ввода марганца и кремния. Усвоение хрома – 80-85%. Никель и медь вводят в конвертер в завалку до заливки чугуна в виде отходов, сплавов (ферроникель ФН-5), брикетов (для меди) или чистого металла. Усвоение хрома – 100%. При необходимости, выполняют присадку никеля и / или меди в ковш для корректировки химсостава стали.

Освоено производство проката из низколегированной конструкционной стали марок S355J2W по EN 10025-5:2004, Grade A и B по ASTM A588/A588M для сварных, клепаных или болтовых конструкций, предназначенных для применения в сварных мостах и сооружениях.

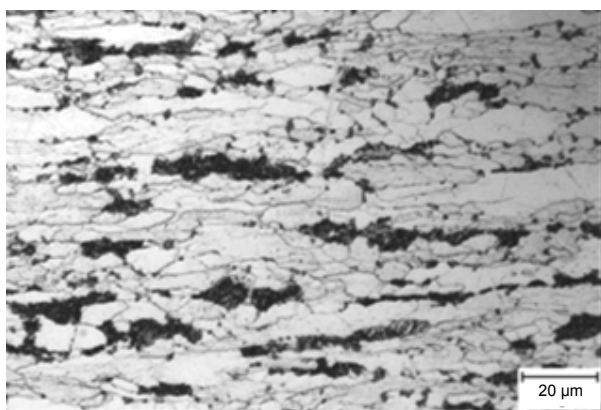
Также выполнены заказы на прокат коррозионно-стойкой стали Grade 50W тип B по ASTM A709/A709M. Сталь марки 50W характеризуется тем, что для нее применяют показатель стойкости к атмосферной коррозии, рассчитанный по плавочному анализу стали в соответствии с Руководством G101 «Метод прогнозирования на основании данных Ларраби и Кобурна», который должен быть $I = 6,0$ или выше.

Уравнение Ларраби-Кобурна:

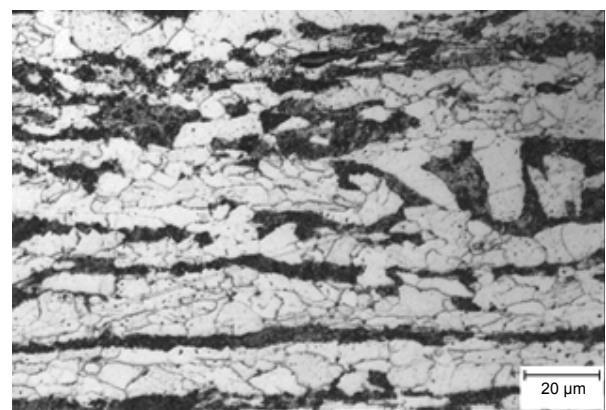
$$I = 26.01 \cdot (\%Cu) + 3.88 \cdot (\%Ni) + 1.20 \cdot (\%Cr) + 1.49 \cdot (\%Si) + \\ + 17.28 \cdot (\%P) - 7.29 \cdot (\%Cu) \cdot (\%Ni) - \\ - 9.10 \cdot (\%Ni) \cdot (\%P) - 33.39 \cdot (\%Cu)^2.$$

По условиям стандарта на продукцию, если данная сталь подвергается атмосферному воздействию с соблюдением надлежащих условий эксплуатации, то ее можно применять без покрытия (покраски). Для выполнения этого требования производится повышенное легирование стали хромом (Cr), никелем (Ni) и медью (Cu) по сравнению с марками-аналогами по ASTM A588/A588M.

Проведено опытное опробование производства проката марок стали A40S и D40S по ГОСТ Р 52927-2008 и ГОСТ 5521-93. Химический состав марок A40S и D40S аналогичен марке 10XCHД с

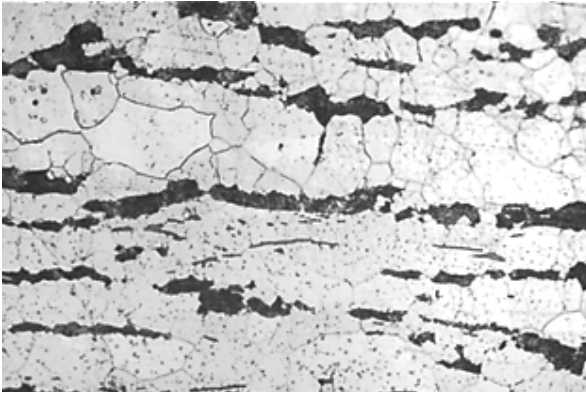


а

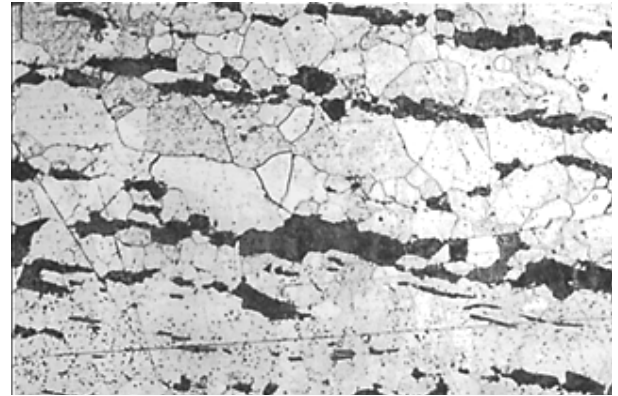


б

Рис. 3. Коррозионностойкая сталь



а



б

Рис. 4. Микроструктура коррозионностойкой стали

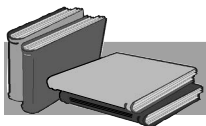
дополнительным легированием ниобием (Nb) и / или ванадием (V), а требования по механическим свойствам аналогичны маркам стали для судостроения А40, D40 с повышенной нормой по временному сопротивлению.

Микроструктура коррозионностойких сталей феррито-перлитная, характеризуется наличием перлита более плотного строения, за счет которого достигается получение высоких прочностных свойств.

Выводы

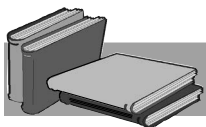
На ЧАО «ММК им. Ильича» в ЛПЦ-3000 за 3 года работы (2014-2016 гг.) освоено производство более

20 новых видов толстолистного проката, в ряде случаев обладающих уникальными характеристиками. Предприятие расширило продуктовую линейку за счет производства современных марок стали с повышенными требованиями к механическим свойствам проката и химическому составу стали с помощью использования термомеханической прокатки, применения разнообразных систем легирования и других новшеств. Это дает комбинату дополнительные конкурентные преимущества в условиях ужесточения конкуренции на мировом рынке металлопродукции.



ЛИТЕРАТУРА

1. Особенности охлаждения непрерывнолитых слябов в термосе / С. В. Горосткин, Б. А. Сарычев, А. Ф. Сарычев и др // Неделя металлов в Москве 13-17 ноября 2006 г. Сборник трудов конференций и семинаров. – М ОАО «АХК ВНИИМЕТ-МАШ им. акад. А. И. Целикова». – 2007. – С. 235-237.
2. Носоченко А. О. Исследование влияния углерода на центральную химическую и структурную неоднородность и комплекс свойств низколегированных трубных сталей. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М.: ЦНИИЧМ. – 2003. – 180 с.



REFERENCES

1. Gorostkin S. V., Sarychev B. A., Sarychev A. F. (2007). Osobennosti okhlazhdeniia nepreryvnolitykh sliabov v termose. [Features of cooling of continuously-casted slabs in a thermos]. Nedelia metallov v Moskve 13-17 noiabria 2006 g. Sbornik trudov konferencii i seminarov. – M OAO «AHK VNIIMETMASH im. akad. A. I. Tselikova», pp. 235-237. [in Russian].
2. Nosochenko A. O. (2003). Issledovanie vlianiia ugleroda na central'nuiu khimicheskuiu i strukturnuiu neodnorodnost' i kompleks svoistv nizkolegirovannykh trubnykh stalei. [Research of influence of carbon on the central chemical and structural heterogeneity and complex of the properties of low-alloyed pipe steel]. Candidate's thesis. Moscow: TSNIICHM, 180 p. [in Russian].

Анотація

Тарасенко О. С., Шебаниць М. Ю., Балжі Т. Л., Шебаниць О. М., Петренко О. С.
Освоєння нових видів продукції в ЛПЦ-3000 ПАТ «ММК ім. Ілліча»

Описано освоєння нових видів продукції в ЛПЦ-3000 за 3 роки (2014-2016 рр.) згідно з вітчизняними та закордонними стандартами, що дозволило ПАТ «ММК ім. Ілліча» зміцнити свої позиції у світовій галузі виробництва металопрокату та знайти нові ринки збуту готової продукції.

Ключові слова

Прокат, марка сталі, вид сортаменту, міцнісні характеристики металу, легування сталі, стан поставки, вимоги нормативної документації.

Summary

Tarasenko O., Shebanits' M., Balzhi T., Shebanits' O., Petrenko O.
The development of new types of products at RM-3000 of PJSC «Ilyich Iron and Steel Works»

It is described the development of new types of rolled plates at the Rolling Mill 3000 (RM-3000) over the period of 3 years (2014-2016), according to national and foreign standards, which allowed PJSC «Ilyich Iron and Steel Works» to strengthen its position in the global industry of rolled products manufacture and to find new markets for finished products.

Keywords

Rolling, steel grade, product type, strength properties of metals, steel alloying, delivery condition, regulatory documents requirements.

Поступила 25.11.16