

Производство стали и проката стали марки S355...N для изготовления металлоконструкций под строительство НСК «Олимпийский» в Киеве

Определена технология производства стали и проката для выполнения заказа на поставку толстолистового проката для строительства НСК «Олимпийский» (г. Киев), главная особенность которого заключается в необходимости проведения механических испытаний в направлении толщины листа по EN 10164.

Ключевые слова: толстолистовой прокат, сталь марки S355...N, требования по Z-свойствам, EN 10164, получение высокой чистоты стали, нормализующая прокатка, феррито-перлитная микроструктура, полосчатая микроструктура

В последние годы Украина активно готовится к проведению чемпионата Европы по футболу. В стране активно возводится инфраструктура – дороги, аэропорты, спортивные площадки, места отдыха для болельщиков и др. Однако, особое внимание уделено, прежде всего, строительству стадионов. Реконструкцию главного стадиона Евро-2012 – НСК «Олимпийский» в Киеве, где будет проведен финал чемпионата, – называли главной стройкой страны. В связи с этим для данного проекта поставлена задача максимально задействовать мощности украинских предприятий.

ПАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича», входящий в Группу Метинвест является одним из крупнейших производителей металлургической продукции, специализирующихся на производстве листового проката. Поэтому именно ему поручено выполнение заказа на поставку толстолистового проката стали марки S355...N по Европейскому стандарту EN 10025-2:2004 для изготовления металлоконструкций под строительство НСК «Олимпийский». Общий объем по 9 спецификациям заказа составил около 4750 т.

Особенность данного заказа заключалась в: необходимости проведения механических испытаний в направлении толщины готового листа (Z-свойства по EN 10164) для проката толщиной 15-50 мм (доп. требование 4 по EN 10025-2:2004); требования по УЗК согласно EN 10160, класс S1 для всех толщин (доп. требование 6 по EN 10025-2:2004); большом количестве малотоннажных позиций в широком диапазоне размерного сортамента, полистное исполнение (всего по заказу более 200 типоразмеров листов, из которых большая часть позиции в 1-4 листа).

Для выполнения этих дополнительных требова-

ний заказчика в технологию производства стали и проката внесены изменения, а именно:

- разработан новый регламент химического состава стали 9.324 по сравнению с действующим 3.323 для стали марки S355...N;

- снижено содержание вредных примесей (серы и фосфора);

- увеличено содержание (%мас.) легирующих элементов (ниобия и ванадия) с определением плазменного содержания водорода (табл. 1):

- выдана технология производства стали в ККЦ с целью получения высокой чистоты металла, соответствующего требованиям 2-го уровня по загрязненности неметаллическими включениями (НВ);

- поверхность всех слябов на складе слябов ЛПЦ-3000 подвергали светлению или пробной зачистке;

- при производстве листов толщиной свыше 30 мм использовали слябы толщиной только 250 мм для обеспечения кратности суммарного обжата 1:5;

- разработана технология нагрева слябов толщиной 150, 200 и 250 мм в ПШБ ЛПЦ-3000, предполагающая равномерный нагрев металла до температуры 1150-1170 °С на выдаче из печи путем увеличения общего времени нагрева на 30 мин;

- прокатку в черновой клети производили по температурно-деформационным режимам с увеличением числа проходов по сравнению с традиционной схемой;

- температурно-деформационные режимы прокатки в чистовой клети соответствовали состоянию поставки «нормализующая прокатка» с ужесточением требований по температуре начала и конца прокатки;

Таблица 1

Содержание (%мас.) легирующих элементов

Шифр	Массовая доля химических элементов, %													
	C	Mn	Si	S	P	Al ₀₆	V	Nb	Ti	Mo	Cr, Ni, Cu	N ₂	C ₃	H ₂
3.323	0,14-0,18	1,20-1,40	0,15-0,30	≤ 0,022	≤ 0,025	0,02-0,06	0,04-0,06	0,02-0,04	0,01-0,025	≤ 0,08	≤ 0,30 каждого	≤ 0,009	≤ 0,45	—
9.324	0,14-0,18	1,20-1,40	0,15-0,30	≤ 0,005	≤ 0,015	0,02-0,06	0,05-0,07	0,03-0,05	0,01-0,025	≤ 0,08	≤ 0,30 каждого	≤ 0,009	≤ 0,45	да

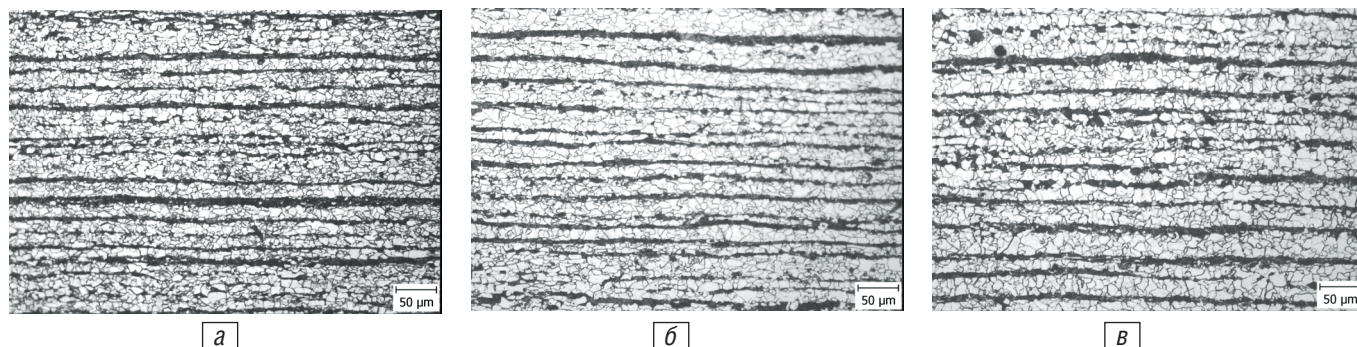


Рис. 1. Микроструктура проката стали марки S355J2+N, $\times 200$: плавка 395863 партии 11893-15 толщиной 12 мм (а); плавка 395862 партии 11883-7 толщиной 25 мм (б); плавка 395857 партии 12055-16 толщиной 30 мм (в)

– прокат толщиной 14 мм и более производили с применением ПФО;

– проведение УЗК сплошности проката всего сортамента выполняли только на автоматизированных ультразвуковых установках (в том числе листов толщиной свыше 32 мм).

Учитывая невозможность изготовления образцов для Z-испытаний толщиной от 15 до 20 мм, отделом сварки разработана технология изготовления заготовок с применением сварки для соединения рабочей и захватных частей образца. Для толщин свыше 20 мм образцы изготавливали из основного металла листов. Требования к образцам для испытаний в Z-направлении и технология их изготовления применяли согласно требованиям стандарта EN 10164.

Всего для выполнения заказа в ККЦ выплавлено 45 плавков по шифру 9.324. Учитывая разнообразие размерного сортамента проката, использовали слябы всех толщин и всех МНЛЗ. По химическому составу все плавки соответствовали требованиям регламента, в том числе по наиболее жесткому условию – содержанию вредных элементов.

Нагрев слябов в ПШБ № 3 ЛПЦ-3000 производили только в автоматическом режиме. Расход природного газа на печь при нагреве данного металла составил 4,8-7,9 тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$ (в среднем $\sim 6,5$).

Для обеспечения требуемого качества нагрева металла регламентировали ряд дополнительных требований: среднemasсовую температуру слябов (по данным расчета АСУТП) на входе в зоны печи № 4/5 и 6/7 – 980-1120 и 1140-1160 $^{\circ}\text{C}$ соответственно; разницу температур верхних и нижних зон печи – не более 30 $^{\circ}\text{C}$; перепад температуры по толщине сляба на выдаче – не более 15 $^{\circ}\text{C}$. Для реализации данных

требований разработали температурный режим нагрева, приведенный в табл. 2.

Таблица 2

Температурный режим нагрева металла в печи с шагающими балками

Толщина слябов, мм	Температура по зонам печи, $^{\circ}\text{C}$						
	1	2	3	4	5	6	7
150	750	1190	1210	1190	1210	1155	1175
200 и 250	900	1200	1220	1215	1235	1155	1175

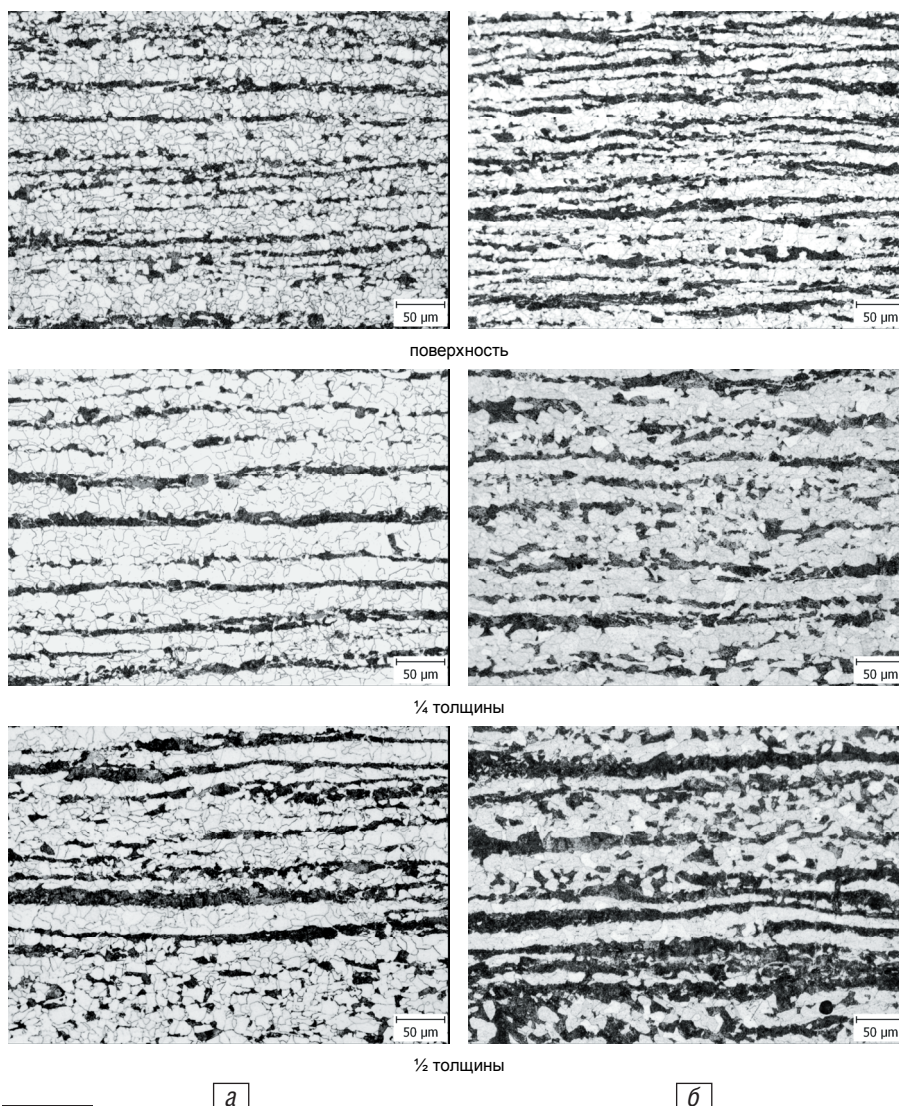


Рис. 2. Микроструктура по толщине проката стали марки S355J2+N, $\times 200$: плавка 395863 партии 1371-1 толщиной 40 мм (а); плавка 395861 партии 1374-6 толщиной 50 мм (б)

Скорректированная технология нагрева слябов толщиной 200 и 250 мм позволила выполнять регламентированные требования по среднemasсовым температурам на границах зон.

В дальнейшем данную технологию нагрева слябов внедрили и в производство штрипового проката стали марки 10Г2ФБ.

Первоначально, с целью определения оптимальных параметров технологии производства в прокат задали опытную партию в количестве 193 т (27 слябов) на толщины 25, 30, 40 и 50 мм. Для получения оперативных результатов механических испытаний 4 раската из них (по 2 шт толщиной 25 и 30 мм) отправили по потоку без ПФО. Основываясь на их значения (высокие прочностные характеристики) выдана рекомендация о том, что для проката толщиной менее 25 мм необходимо стремиться к температуре на верхнем пределе заданного режима. Значения работы удара и Z-испытаний опытной прокатки оказались высокими, с большим запасом от нормы. Впоследствии технология производства проката оставалась неизменной до конца выполнения заказа.

Ультразвуковой контроль всего заказа (в том числе и плит – листов толщиной более 32 мм) осуществляли только на автоматизированных установках УЗК. В некоторых исключительных или спорных случаях листы проходили дополнительную проверку с помощью ручного УЗК.

Микроструктура проката стали марки S355J2+N различных толщин представлена на рис. 1 и 2. Микроструктура всех анализируемых раскатов феррито-перлитная полосчатая, в осевой зоне резко повышена доля перлитной составляющей.

Всего испытано 255 партий проката, из них 77 – плиты (прокат толщиной более 32 мм). Несответствия механических свойств были единичными (на 4-х раскатах – только по Z-испытаниям). Механические свойства всех индивидуальных раскатов, прокатанных ниже заданной температуры, проверяли на термообработанных (нормализованных) образцах.

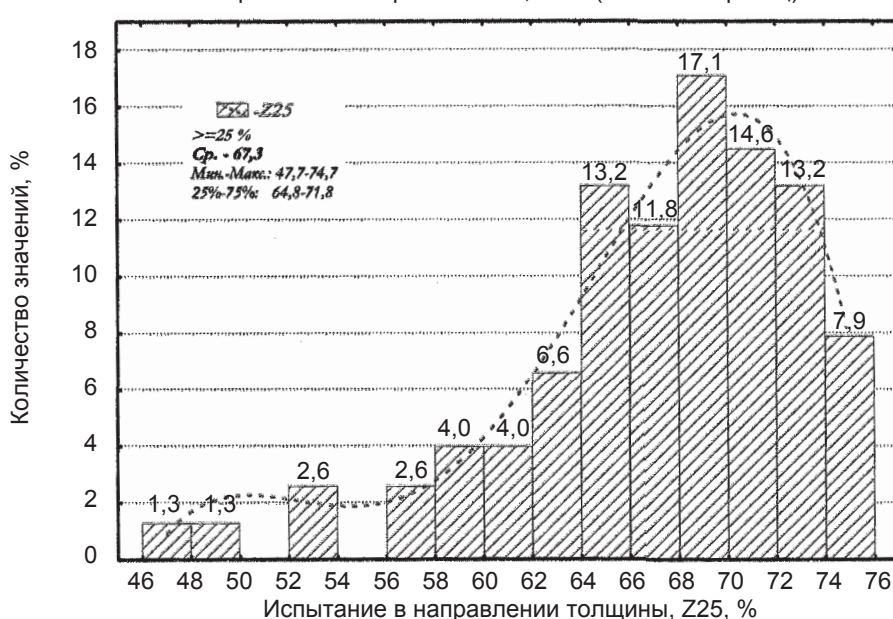
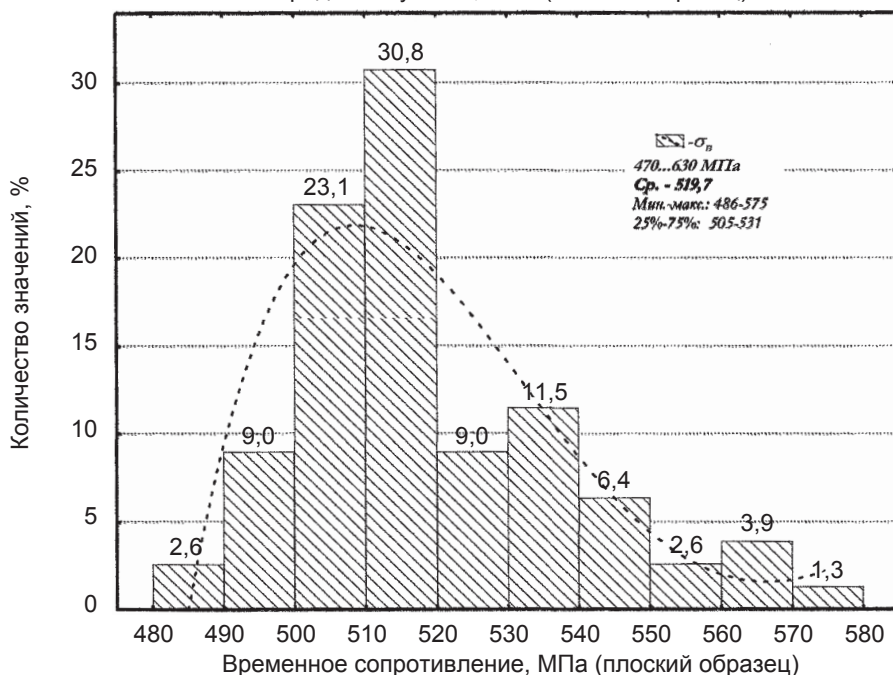
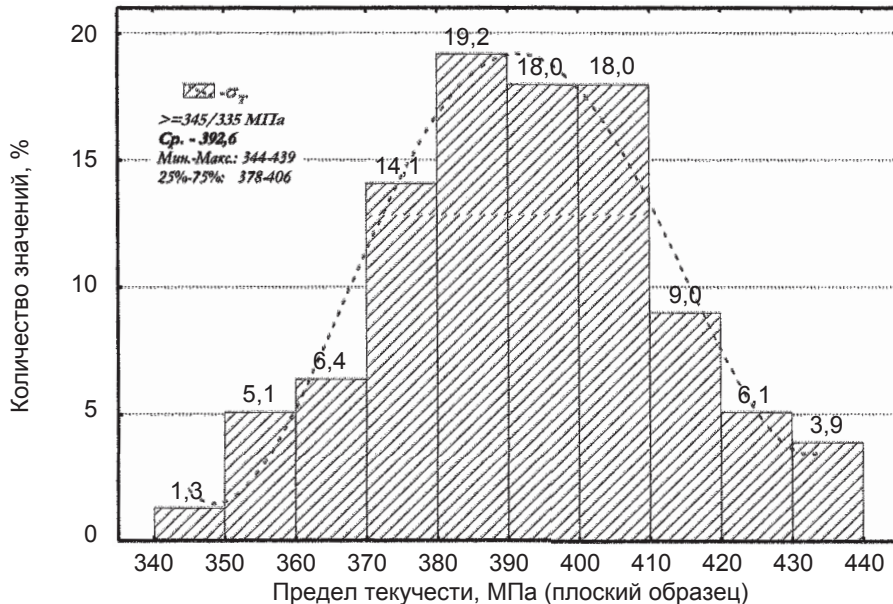


Рис. 3. Уровень механических свойств плит толщиной более 32 мм, количество значений – 78 шт. S355...N (+Z25), EN 10025-2:2004, шифр 9.324. ЛПЦ-3000

Соответствие состояния поставки «нормализующая прокатка» подтвердили на основании требований памятки Vd-TUV № 1263 по падению значений предела текучести.

Статистические данные по уровню механических свойств и параметрам технологии для наиболее сложной группы толщин проката (плиты толщиной более 32 мм) приведены на рис. 3.

Общий выход годного по заказу составил 95 %. Основная отсортировка (более 3 %) приходится на фабрикационные остатки на плитах из слябов 250 мм, а также на большое количество листов (более 200 т), оставшихся от заказа.

Выводы

1. В результате проведенных исследований разработан регламент химического состава (шифр 9.324), технология нагрева слябов в ПШБ и нормализующей прокатки листов в ЛПЦ-3000 стали марки S355...N толщиной 8-50 мм с дополнительными требованиями заказчика по испытаниям в Z-направлении.

2. Получен комплекс механических свойств проката в соответствии с требованиями заказчика и выполнен заказ в объеме около 4750 т с высоким выходом годного (более 98 % без учета фабрикационных остатков).

Анотація

*Матвієнков С. А., Шибаниць Е. М., Тарасенко О. С., Шибаниць М. Ю.,
Ізотов Б. В., Рубець А. С.*

**Виробництво сталі та прокату сталі марки S355...N
для виготовлення металоконструкцій
під будівництво НСК «Олімпійський» в Києві**

Визначено технологію виробництва сталі та прокату для виконання замовлення на постачання товстолистового прокату для будівництва НСК «Олімпійський» (м. Київ), головна особливість якого полягає в необхідності проведення механічних випробувань в напрямі товщини листа по EN 10164.

Ключові слова

товстолистовий прокат, сталь марки S355...N, вимоги по Z- властивостям, EN 10164, отримання, висока чистота, нормалізуюча прокатка, феритно-перлітна мікроструктура, смужкувата мікроструктура

Summary

Matvienkov S., Shebanits E., Tarasenko O., Shebanits M., Izotov B., Rubets A.

**Production of steel and rolled products of steel S355...N
for manufacturing metalware for construction
of the Olympic National Sports Complex in Kiev**

The production technology of steel and rolled products for fulfillment of the order on rolled plates delivery for the Olympic Stadium (Kiev) has been defined. The main special feature of the rolled plates is the necessity to conduct mechanical tests of thickness acc. to EN 10164.

Keywords

rolled plates, steel grade S355...N, requirements to Z-properties, EN 10164, obtaining, high purity of steel, normalizing rolling, ferrite/pearlite banding