

Освоение технологии термомеханической контролируемой прокатки на стане 1700

Разработана технология термомеханической контролируемой прокатки горячекатаной рулонной стали. Произведена опытная партия. В промышленных условиях доказана возможность производства проката категорий выше S355 на существующем оборудовании. Намечены перспективы дальнейшего развития данной технологии на стане 1700 без коренного изменения состава оборудования.

Ключевые слова: термомеханическая контролируемая прокатка, горячекатаные рулоны, микролегирование, ускоренное охлаждение.

Процесс термомеханической контролируемой прокатки «ТМСП» получил развитие из процесса «контролируемой прокатки». Методом ТМСП производят мелкозернистую сталь, путем сочетания химического состава и совокупности способов контроля процессов изготовления, начиная от нагрева сляба, до охлаждения после прокатки в определенных для каждого химического состава диапазонах температур, обеспечивая, таким образом, необходимый комплекс свойств.

Технология получения проката способом «ТМСП» обладает определенными преимуществами по сравнению с технологией классической «контролируемой прокатки» и конечно же, технологией термической обработки, в том числе:

- лучшей свариваемостью, за счет обеспечения комплекса свойств, при более низком углеродном эквиваленте;
- высокой прочностью в сочетании с высокой пластичностью;
- энергосбережением за счет более низких температур нагрева металла под прокатку, более высоких температур чистовой прокатки и применением ускоренного охлаждения.

Прокат по технологии термомеханической контролируемой прокатки на непрерывном широкополосном стане 1700 горячей прокатки «ММК им. Ильича» ранее не производился.

Комплекс оборудования стана 1700 состоит из: трех методических нагревательных печей толкательного типа, черновой группы, состоящей из чернового окалиноломателя дуо, 5 клетей кварто, четыре из которых универсальные, чистовой группы из пяти клетей кварто, 14-ти секционных установок ускорен-

ного охлаждения. Между черновой и чистовой группой клетей установлены теплосохраниющие экраны. Стан оборудован тремя моталками. Оборудование оснащено автоматизированными системами управления технологическим процессом (АСУ ТП). Основной производимый станом сортament ограничен производством продукции с временным сопротивлением разрыву не более 590 МПа.

Схема расположения основного оборудования стана приведена на рис. 1.

Комплекс имеющегося оборудования с существующими системами контроля технологии полностью обеспечивает условия для реализации «ТМСП» на стане 1700. Однако продукция по данной технологии с соответствующей аттестацией по требованиям нормативных документов ранее не производилась.

Отличием технических требований стандартов EN 10149-2, EN 10025-4 для производства горячекатаной продукции в состоянии после термомеханической прокатки, по сравнению с требованиями EN 10025-2 для состояния после нормализующей или горячекатаной прокатки, является более низкий углеродный эквивалент и, соответственно, содержание углерода и марганца, допустимо более высокое содержание измельчающих зерен и упрочняющих микролегирующих элементов, и, соответственно, более высокие требования к энергии удара.

Сравнение показателей продукции, производимой по различным технологическим режимам на примере стали марки S355 толщиной ≤ 16 мм, приведено в табл.1.

Освоение технологии «ТМСП» производили на сортаменте горячекатаных рулонов размерами 3,0x1270 мм. В качестве освоения базовой технологии

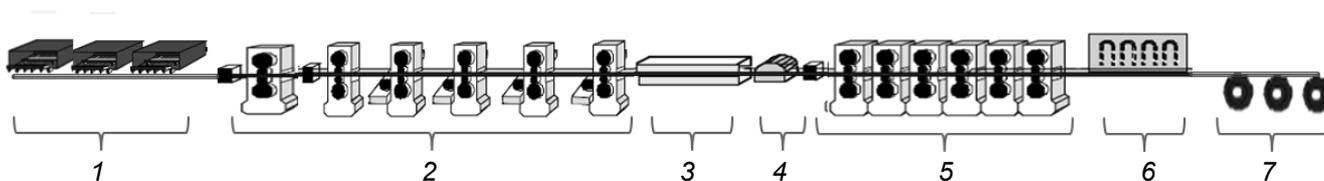


Рис. 1. Схема расположения основного оборудования стана 1700: 1 – участок методических печей; 2 – черновая группа клетей; 3 – теплосохраниющие экраны; 4 – летучие ножницы; 5 – чистовая группа клетей; 6 – установка ускоренного охлаждения; 7 – моталки

Сравнение показателей продукции производимой по различным технологическим режимам

НД / Элемент, %	Технология*	Марка стали	Показатели						
			С max, %	Mn max, %	Nb max, %	V max, %	Ti max, %	Сз max	KV ₋₂₀ min, Дж
EN 10025-2	AR; N ²	S355J2	0,20	1,60	- ¹	- ¹	- ¹	0,45	27
EN 10025-4	TMCP	S355ML	0,14	1,60	0,05	0,10	0,05	0,39	47
EN 10149-2	TMCP	S355MC	0,12	1,50	0,09	0,20	0,15	-	-

* AR – горячекатаное состояние; N – состояние после нормализующей прокатки; TMCP – состояние после термомеханической контролируемой прокатки; 1 – допускается использование элементов; 2 – преимущественное состояние проката по данному стандарту

Таблица 2

Химический состав для базовой стали марки S355MC

Содержание химических элементов, %													
C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	Al _{общ}	Ti	Nb	N2	V	Mo
0,08-0,12	1,30-1,50	0,15-0,30	≤ 0,010	≤ 0,020	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	0,020-0,050	0,015-0,030	0,035-0,050	≤ 0,009	≤ 0,010	≤ 0,010

принята сталь марки S355MC по требованиям стандарта EN 10149-2.

Для обеспечения требуемых характеристик проката разработан комплексный химический состав, включающий микролегирование стали Ti и Nb (табл. 2).

Разработанная технология предусматривала нагрев в методических печах непрерывнолитых слябов после редуцирования в обжимной клетке слябинга, сечением – 135x1270 мм.

С целью обеспечения требуемой структуры и уровня свойств, разработаны следующие температурные режимы прокатки (Ткп), охлаждения и смотки (Т см) рулонов:

Сортамент	Ткп кл.№ 10, °С	Т см, °С	Режим охлаждения
3 мм	820-880	560-620	14 секций

Скорость охлаждения 108-110 °С/сек

Охлаждение производили с температуры выше точки превращения аустенита.

Температуры окончания прокатки установлены на основании расчета температур превращения Ar3 [1] для разработанного химического состава стали – 768 °С. Температура окончания прокатки в чистой клетке должна составлять не менее 820 °С (Ar3 +50 °С) – область отсутствия рекристаллизации аустенита.

Так как применимость формулы [1] по данным источника ограничена толщинами проката от 8 до 30 мм, в расчете температуры превращения использована минимальная толщина – 8 мм.

После смотки, рулоны проходили охлаждение на воздухе в течение 24 часов.

Результаты механических испытаний приведены в табл. 3.

На основании результатов механических испытаний, получены свойства горячекатаных рулонов соответствующие стали категорий S420MC и S460MC.

По результатам металлографических исследований образцов проката установлено: сульфидные включения распределены равномерно по всей толщине проката и не превышают 1 балла, микроструктура феррито-перлитная с зерном феррита 9,10 номера, полосчатостью 1 балла (рис. 2).

Выводы

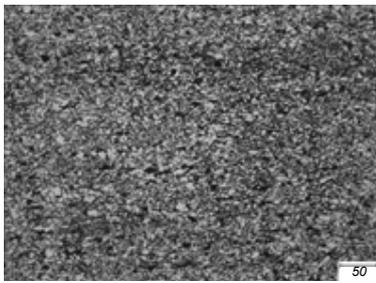
На существующем оборудовании стана 1700 «ММК «им. Ильича» реализована технология производства горячекатаных рулонов способом термомеханической прокатки с ускоренным охлаждением.

Полученные результаты подтвердили техническую возможность промышленного освоения производства горячекатаных рулонов категорий до S460MC.

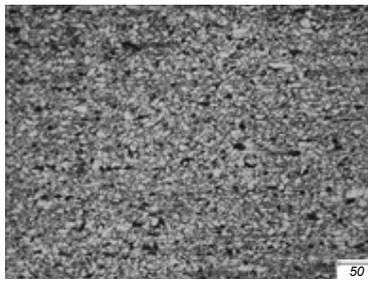
Таблица 3

Результаты механических испытаний рулонов

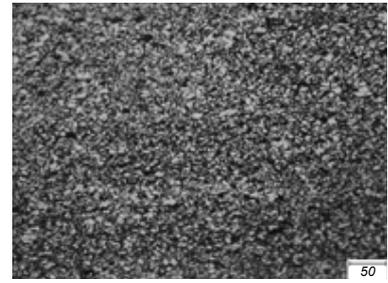
№ рулона	Механические свойства			
	предел текучести, МПа	временное сопротивление, МПа	относительное удлинение, %	изгиб по оправке
1	515	590	28	Уд
2	520	595	25	Уд
3	535	610	25	Уд
4	560	620	30	Уд
Требования EN10149-2 S355MC	≥355	430-550	23	Уд
S420MC	≥420	480-620	19	Уд
S460MC	≥460	520-670	17	Уд



поверхность

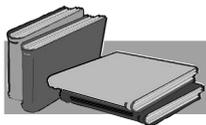


ось



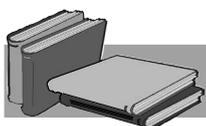
поверхность

Рис. 2. Микроструктура образца после травления, ×200



ЛИТЕРАТУРА

1. Багмет О. А. Формирование оптимальных структур и свойств при проведении контролируемой прокатки трубных сталей, содержащих ниобий // Автореферат дис. – М.: «Графикс В», 2007. – 23 С.



REFERENCES

1. Bagmet O. A. (2007). Formirovaniye optimal'nykh struktur i svoystv pri provedenii kontroliruemoy prokatki trubnykh staley, soderzhashchikh niobii. [Formation of optimum structures and properties during carrying out of controlled rolling of pipe steels, containing niobium]. Extended abstract of candidate's thesis. Moscow: Grafikhs, 23 p. [in Russian].

Анотація

Курпе О. Г., Васильченко С. Є., Негрій С. Д., Шобаніц О. М.

Освоєння технології термомеханічної контрольованої прокатки на стані 1700

Розроблено технологію термомеханічної контрольованої прокатки гарячекатаної рулонної сталі. Вироблено дослідну партію. У промислових умовах доведено можливість виробництва прокату категорій вище S355 на діючому обладнанні. Намічено перспективи подальшого розвитку даної технології на стані 1700 без корінного змінення складу обладнання.

Ключові слова

Термомеханічна контрольована прокатка, гарячекатані рулони, мікролегування, прискорене охолодження.

Summary

Kurpe A., Vasilchenko S., Negriy S., Shebanits O.

The implementation of the thermomechanical controlled rolling technology in rolling mill 1700

The technology of thermomechanical controlled rolling of hot-rolled steel coils has been developed. Test lot was produced. It was proved that it is possible to produce rolled products of categories above S355 under production-line conditions using the available equipment. The perspectives of further development of this technology on the rolling mill 1700 were lined out without a fundamental change of the equipment composition.

Keywords

Thermomechanical controlled rolling, hot-rolled coils, microalloying, accelerated cooling.

Поступила 25.11.16