

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА И
ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СВАРНЫХ
ЦЕПЕЙ ДЛЯ ГОРНОШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Я. В. Олейник, В. А. Олейник, к.т.н., В. С. Чмелева, к.т.н., доц.

*Национальная металлургическая академия Украины
Научно-производственное предприятие «Термет»*

Существуют два основных направления эффективных технологических мероприятий по организации на ОАО «ArcelorMittal Кривой Рог» поставок горячекатаного проката из высокопрочных легированных сталей без умягчающего отжига:

1. мероприятия для полного исключения предварительного отжига, как на предприятии, так и у потребителя;
2. создание возможности предварительного отжига горячекатаного проката у потребителей.

Реализация мероприятий первого направления в условиях металлургического производства возможна за счет повышения чистоты стали и качества разливки, на стадии обжимного производства – за счет высокого качества поверхности заготовки и на стадии прокатки – за счет высокой точности прокатки со строго регламентированными допусками, а также за счет оптимального сочетания температур конца прокатки и последеформационного охлаждения, в процессе которого металл подвергается многократному ускоренному охлаждению и дальнейшему выравниванию температуры в промежутках между охлаждающими секциями.

Для реализации второго направления эффективных технологических мероприятий для поставок горячекатаного проката из легированных марок сталей необходимо уменьшение веса мотка до 0,9-1,0 т и высоты мотков на сортовой линии стана 250/150 до 500 мм. Эти меры позволяют отжигать мотки в условиях перерабатывающих предприятий в печах, имеющих ограничения по допустимой нагрузке на несущие ролики и по высоте свода.

В опытным порядке была произведена одна партия проката диаметром 18,5 мм из стали 25ХГНМА для изготовления цепей класса С размером 18х64 мм по ТУ У 12.44.10.015-94, которую прокатали по действующей технологии для сталей 40Х, 30ХГСА, 26ХГА с охлаждением до 950-980 °С, считая, что при такой высокой температуре можно получить меньше упрочнение металла после охлаждения. Всего было получено 105 т проката, который, за исключением пониженного на 1-3% δ_5 и Ψ , прошел сдаточные испытания на ПАО «ArcelorMittal Кривой Рог» и был признан годным.

Переработка опытной партии проката на ЧАО «Артемовский машиностроительный завод «Вистек» дала отрицательный результат. Были отмечены следующие недостатки:

- цепи круглозвенные высокопрочные 18х64 мм, изготовленные из стали марки 25ХГНМА, ни по одному из вариантов не соответствовали требованиям ТУ У 12.44.10.015-94 класса прочности С и только 36% от

общего количества изготовленных цепей удовлетворяли требованиям классов прочности 7 и 8 ТУ У 12.44.10.015-94;

- высокая твердость (по данным ПАО «ArcelorMittal Кривой Рог» 241-293НВ, по данным входного контроля 293-321 НВ) создала при вязке и сварке звеньев концентраторы напряжения на местах перехода прямого участка к радиусу, что послужило образованию трещин, изломов, высокому проценту порывов при испытании цепей технологической нагрузкой;

- колебания химического состава по углероду (С от 0,21 до 0,29 %) и марганцем (Mn от 1,04 до 1,4 %) в пределах одной плавки привели к снижению качества, увеличению процента порывов и, как следствие, несоответствию требованиям ТУ У 12.44.10.015-94.

В заключении было отмечено прокат марки 25ХГНМА, изготовленный ПАО «ArcelorMittal Кривой Рог» в состоянии поставки не пригоден к использованию. Металл, прошедший переработку подлежит списанию, а оставшийся в состоянии поставки требует доработки с учетом поправок исходной структуры металла и испытаний.

С учетом полученных отрицательных результатов, на следующем этапе были проведены исследования по отработке новых температурных режимов прокатки, а также оптимизации и стабилизации химического состава с целью снижения жесткости горячекатаного проката и обеспечения высокой равномерности свойств.

С этой целью были снижены верхние и нижние пределы содержания углерода на 0,02 % и кремния на 0,05 %. Одновременно были изменены предельные значения временного сопротивления разрыву, пределы текучести, относительного удлинения и сужения, а также ударной вязкости.

На базе анализа и обобщения литературных данных, а также экспериментальных исследований были определены оптимальные температурные режимы прокатки и последеформационного охлаждения проката, способные обеспечить получение равномерной мелкозернистой структуры проката. Для этого был выбран режим нагрева заготовок, обеспечивающий температуру раскатов за чистовой клетью на уровне 1120-1140 °С, температура охлаждения проката перед сматыванием была установлена на уровне 850-900 °С при измерении ее пирометром при выдаче бунтов с моталок (рис. 1).

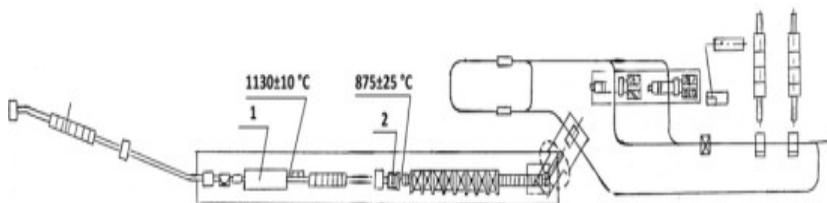


Рис. 1. Схема расположения оборудования проводной линии непрерывного мелко сортового стана 250-6 и температурные режимы прокатки и последеформационного охлаждения проката: 1 – чистовой блок, 2 – укладчик витков

По договоренности с ЧАО «Артемковский машиностроительный завод «Вистек» для получения более стабильного качества цепей размером 18x64 мм класса прочности С по ТУ У 12.44.10.015-94 из металла ПАО «ArcelorMittal Кривой Рог» было решено проводить калибровку горячекатаного проката из диаметра 19,5 мм на диаметр 18,5 мм на ЧАО «Константиновский металлургический завод».

В настоящей работе были опробованы схемы 1 и 2 (рис. 2) сквозной технологии переработки проката для производства высокопрочных цепей.



Рис. 2. Схемы изготовления цепей класса С с калиброванного металла

Как показала прокатка опытно-промышленных партий проката из стали 25ХГНМА диаметром 19,5 мм, такие режимы прокатки и охлаждения обеспечили в металле формирование структуры с величиной действительного зерна на уровне 7-8 баллов. При такой величине зерна сначала образуется феррит в количестве до 50 % с наличием участков троостита, бейнита и мартенсита, что способствует получению твердости в срединных слоях мотков на уровне 176-202 НВ, а на конечных витках, интенсивно охлаждающихся на воздухе – на уровне 223-255 НВ.

Учитывая вероятность получения проката повышенной твердости (при содержании в стали 25ХГНМА на верхних пределах углерода, кремния, марганца, хрома и молибдена), что затруднит или сделает невозможным калибровку без предварительного отжига, в работе были предусмотрены и испытаны новые технологические операции при производстве проката из указанной стали.

Для обеспечения возможности проводить умягчающий отжиг мотков горячекатаного проката в проходных печах ЧАО «Константиновский металлургический завод» были согласованы габариты и масса мотков (высотой не более 500 мм и массой не более 1,0 т). С этой целью были определены рациональные размеры заготовок - сечением 125x125 мм и длиной 8,5-10,5 м. На стане 250/150 были разработаны устройства для формирования мотков высотой не более 500 мм. Такие габариты и масса мотков позволяют провести умягчающую термообработку в печах ЧАО «Константиновский металлургический завод» по условиям размеров печного пространства и грузоподъемности грузозачемных механизмов.

Кроме указанных мероприятий была проведена работа по повышению точности прокатки. С этой целью была скорректирована калибровка чистовых

калибров сортопрокатного стана таким образом, чтобы разница профиля по высоте и ширине калибра не превышала половины допуска на размер по диаметру. Повышение точности прокатки до уровня класса точности позволяет производить профили в отрицательном поле допуска и, благодаря этому, уменьшить степень деформации при калибровке и снизить тяговые усилия, что в совокупности с понижением прочности горячекатаного проката позволит проводить калибровку без предварительного умягчающего отжига.

С целью получения более качественной поверхности разливку стали было решено проводить сифонным способом в расширенные книзу изложницы с теплоизоляционными вкладышами, установленными на восьмиместные поддоны.

В обжимном цеха нагрева слитков проводился с увеличением времени нагрева на 45-60 мин по сравнению с принятым графиком, что обеспечивало равномерный нагрев металла по высоте и сечению слитка. Блюмы в обязательном порядке зачищались на машине огневой зачистки. Особое внимание уделялось обрезке концов блюмов на ножницах, что исключает наличие усадочных дефектов. С целью предотвращения образования флокенов заготовки укладывались на слой горячих заготовок предыдущих плавок и прятались слоем горячих заготовок. В холодном состоянии заготовки подвергались абразивной зачистке на обдирочно-шлифовальных станках.

Произведенная по данной технологии на стане 250/150 опытно-промышленная партия проката диаметром 19,5 мм из стали 25ХГНМА в количестве 64,8 т была отгружена в адрес ЧАО «Константиновский металлургический завод». В опытном порядке один моток был переработан по схеме 2. Остальная масса партии была переделана по схеме 1. Калибровка горячекатаного проката без смягчающего отжига на размер 18,5 мм не вызвала никаких затруднений при протягивании. Твердость калиброванного проката, произведенного по схеме 1 составила 179-187 НВ, по схеме 2 достигла 250-290 НВ.

Изготовление цепей класса С из калиброванной стали на ЧАО «Артемовский машиностроительный завод «Вистек» дало следующие результаты:

- большая часть цепей изготовленных по схеме 2 из-за наличия трещин не прошла статочных испытаний;
- прокат, обработанный по схеме 1, показал высокую технологическую пластичность при изготовлении цепей. Однако, при испытаниях на пробное нагружки на нескольких бунтах наблюдались разрушения металла, преимущественно в зоне сварного шва.

Металлографический анализ микроструктуры образцов, морфологии и размеров карбидных частиц, морфологии, размеров и природы неметаллических включений, структуры и дефектности подповерхностных слоев, а также качества сварных швов разрушенных звеньев цепей показал, что главными причинами низких механических свойств является большое количество крупных (до 50-100 мкм) экзогенных включений в стали, а также наличие остатков усадочной раковины (рис. 3, 4).

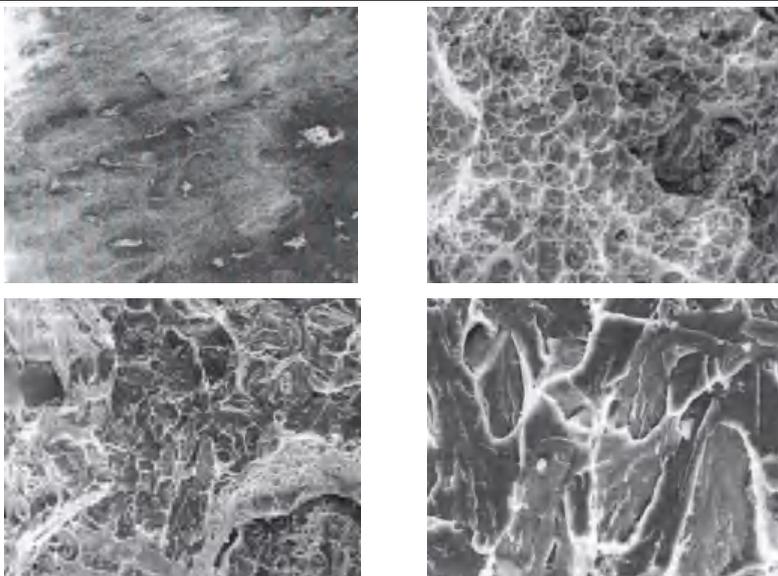
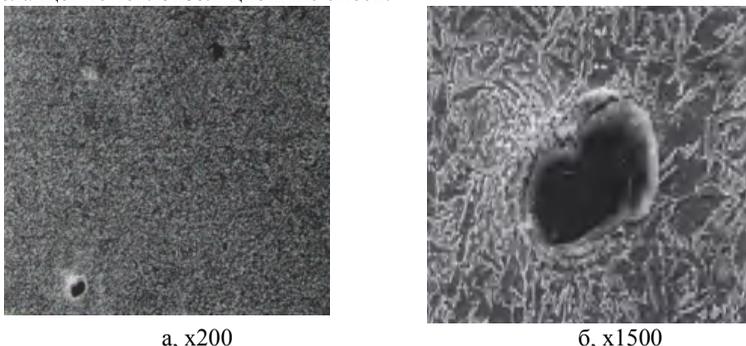


Рис. 3. Типичные зоны разрушения звеньев цепей в районе сварного шва при пробном нагружке (x1500)

С целью уменьшения загрязнения экзогенными неметаллическими включениями было решено проводить разливки стали 25ХГНМА сверху в расширенные кверху изложницы со строго регламентированными оптимальными температурно-скоростными параметрами разливки. Для защиты зеркала металла после разливки применяли качественные зольно-сланцевые теплоизоляционные смеси.



а, x200

б, x1500

Рис. 4. Микроструктура горячекатаной стали с крупными неметаллическими включениями, увеличение а – 200, б – 1500

Прокатку слитков проводили на блюминге с последующей прокаткой блюмов на заготовки сечением 125x125 мм. Порезку раскатов проводили на

заготовки длиной до 9,5 м, что обеспечило получение мотков массой до 1,0 т. На мелкосортно-проволочном стане 250/150, благодаря уточнению калибровки чистовых валков, была обеспечена прокатка в отрицательном поле допуска, в результате чего диаметр проката составил 19,0-19,3 мм (в среднем 19,1 мм). Охлаждение проката проводили до температуры 850-900 °С, в результате чего была обеспечена твердость на уровне 187-195 НВ в срединных витках и 236-246 НВ на концах мотков.

Весь изготовленный прокат был аттестован на ПАО «ArcelorMittal Кривой Рог» группой осадки 66 по ДСТУ 3684-98.

По новой технологии было изготовлено 505 т проката из стали 25ХГНМА диаметром 19,5 мм, который был переработан на ЧАО «Константиновский металлургический завод» по схеме 1 (рис. 1.1) без каких-либо замечаний. Калибровке без предварительного отжига способствовали как снижение прочности, так и уменьшение диаметра проката до нижней границы по допуску, что уменьшило усилия волочения.

Изготовление цепей на ЧАО «Артемовский машиностроительный завод «Вистек» с произведенной партии проката не вызвало затруднений. Изготовленные цепи размером 18x64 мм отвечали класса С по ТУ У 12.44.10.015-94. Металлографические исследования структуры металла данной опытно-промышленной партии проката не обнаружили недопустимых неметаллических включений. Размер аустенитного зерна в прокате был в пределах 7-8 баллов. По результатам испытаний и металлографических исследований цепи были признаны пригодными и отправлены потребителям.

Выводы

1. Разработаны температурные режимы прокатки и ускоренного последеформационного охлаждения проката, способствующие снижению прочности и повышению пластических свойств. При прокатке диаметра 19,5 мм на стане 250/150 были установлены следующие температурные параметры: температура за последней клетью – на уровне 1120-1140 °С, температура охлаждения проката в диапазоне 850-900 °С.

2. Скорректирована калибровка чистового калибра в сторону уменьшения "развала" калибра с доведением разницы размера профиля по ширине и высоте калибра – не более половины допуска на размер, что позволило прокатывать профили в отрицательном поле допуска. Снижение твердости проката до уровня не более 241 НВ в совокупности с прокаткой в отрицательном допуске способствовало снижению усилий волочения и обеспечило калибровку горячекатаного проката без традиционного предварительного умягчающего отжига.

3. При разливке стали 25ХГНМА сифонным способом в стали наблюдалась повышенная загрязненность экзогенными неметаллическими включениями. С целью уменьшения загрязнения стали неметаллическими включениями сталь 25ХГНМА переведена на разливку сверху.