

В.А. Луценко, В.В. Парусов, Э.В. Парусов, А.И. Сивак, И.Н. Чуйко

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛИРУЕМОГО ОХЛАЖДЕНИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАТАНКИ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Проведена оценка влияния одно- и двухстадийного охлаждения на формирование свойств в катанке различного марочного состава. Для получения низких прочностных свойств рекомендуется использовать замедленное охлаждение, для формирования однородной микроструктуры и равномерных свойств по длине мотка – только двухстадийное охлаждение.

Одним из главных направлений развития металлургического комплекса Украины на ближайшие годы является использование научно-технического потенциала для разработки новых наукоёмких технологий, которые обеспечат конкурентоспособность на рынках металлопродукции и интегрирование Украины в мировую экономику.

Катанка – сырьё для метизной промышленности – используется для изготовления стальных канатов, крепежных изделий, пружин и проволоки различного назначения. В настоящее время заметно повышаются требования к качеству поверхности металла, что диктуется не только технологическими причинами, но и необходимостью соблюдения требований технической эстетики, в частности при поставке углеродистой катанки оговаривается цвет поверхности – «воронье крыло». Поэтому к катанке предъявляются особые требования: минимальная глубина обезуглероженного слоя, максимально равномерная микроструктура и механические свойства, как по длине, так и по сечению, а так же качеству, количеству окалины и способам её удаления.

В зависимости от условий проведения горячей деформации (варьирование температуры, степени, скорости деформации, времени последеформационной выдержки) может наблюдаться широкий спектр структурных состояний деформированного металла: от горяченаклепанного до статически рекристаллизованного. Если при температуре конца горячей деформации металл подвергать последеформационным выдержкам, то в нем могут протекать процессы метадинамической рекристаллизации, статической полигонизации или статической (повторной) рекристаллизации. Повторная рекристаллизация связана с формированием новых зародышей, способных к последующему росту за счет матрицы горячедеформированного металла, в которой в той или иной степени прошли процессы динамической и метадинамической рекристаллизации, но сохранилась повышенная плотность дислокаций [1].

В зависимости от целого ряда факторов и, в первую очередь, от химического состава, кинетика и температурные условия протекания того или иного типа превращения могут меняться в широких пределах.

Повышение содержания углерода в аустените резко уменьшает скорость образования феррита (в доэвтектоидных сталях), но увеличивает скорость образования избыточного цементита (в заэвтектоидных сталях). Скорость образования феррито–цементитной структуры (перлита) имеет максимальное значение при содержании углерода, близком к эвтектоидному. В сталях, содержащих легирующие элементы (хром, марганец, никель, молибден) скорость превращения аустенита при температурах выше мартенситной точки, ниже, чем в углеродистых сталях.

Регулируемое ускоренное охлаждение катанки после выхода из стана препятствует развитию процессов рекристаллизации аустенита и ведет к изменению свойств: повышению прочности и сохранению высокой пластичности стали.

В мире разработано более 20 способов регулируемого ускоренного охлаждения катанки с прокатного нагрева – Стелмор, Шлеман, Демаг, ЕД и ЕДС, Явата и др. [2–6]. К наиболее ранним исследованиям по ускоренному охлаждению, необходимо отнести работы [7, 8] – ускоренное охлаждение осуществляли в ваннах с горячей водой или обдувкой воздухом. Ускоренное охлаждение катанки в потоке проволочного станова сдерживалось несовершенством прокатного оборудования, колебанием температуры по длине раската, отсутствием эффективных охлаждающих устройств. Катанку из углеродистых сталей на метизном переделе подвергали патентированию для получения мелкодисперсной структуры перлита, которая обладает высокими технологическими свойствами при волочении на проволоку [9].

Однако патентирование связано с использованием специального оборудования, что приводит к значительным энергетическим и защитно–экологическим затратам. Поэтому все существующие способы обработки катанки в потоке проволочного стана направлены на получение структуры и свойств, максимально приближающихся к структуре и свойствам патентованной.

Известны способы охлаждения катанки с прокатного нагрева: одностадийное охлаждение (рис.1.а) водой в проводящих трубах перед смоткой катанки в бунт с последующим остыванием на спокойном воздухе и двухстадийное – водой в проводящих трубах, а затем на воздухе в разложенных витках (рис.1.б). Благодаря простоте конструкции, наибольшее распространение получили линии с двухстадийным охлаждением – Стелмор, который имеет разновидности: стандартный, замедленный и медленный.

Для процесса Стелмор характерно, что катанка при выходе из последней клетки (на участке ~40м) интенсивно охлаждается водой в проводящих трубах до температур, как правило, выше A_1 , а затем в разложенных витках относительно медленно охлаждается в интервале температур аустенитно – перлитного превращения. Чтобы предотвратить закалку поверхностного слоя катанки, длину хвостовой части проволочного стана увели-

чивают, устанавливая большое число охлаждающих ступеней (водяных проводок) на первой стадии охлаждения. Витки катанки, после виткообразователя, перемещаясь на конвейере (скорость транспортера до 1,3 м/с) охлаждаются воздухом, нагнетаемым вентиляторами.

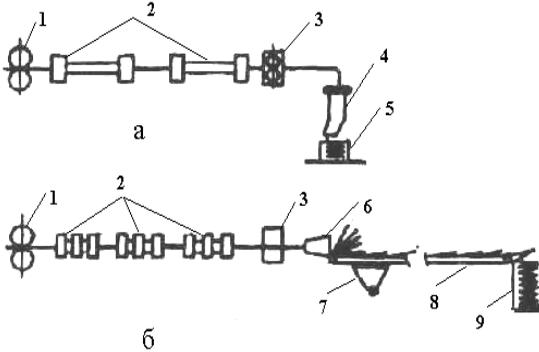


Рис.1. Технологические схемы одно-(а) и двухстадийного (б) охлаждения катанки с прокатного нагрева:

1—чистовая клеть (блок); 2—устройство для водяного охлаждения; 3—трайбаппарат; 4—моталка; 5—бунт катанки; 6—виткоукладчик; 7—вентилятор; 8 — транспортер; 9—шахта виткосборника

При охлаждении катанки из низкоуглеродистых и ряда легированных сталей необходимо получить пониженную прочность и высокие пластические свойства. Для этого применяют замедленное охлаждение (на второй стадии охлаждения) при закрытых теплоизолирующих крышках и пониженной до 0,05–0,2 м/с скорости транспортера, в результате чего скорость охлаждения понижается до $1^{\circ}\text{C}/\text{с}$.

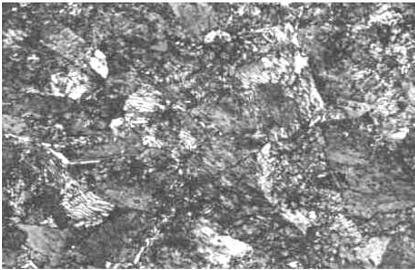
В Украине находятся в эксплуатации проволочные станы с различными линиями ускоренного охлаждения. Так на ОАО КГМК «Криворожсталь» для производства катанки и подката широкого марочного состава имеются станы с одностадийным (250–3) и двухстадийным (150–1 и 150–6) охлаждением.

Для катанки из стали низкоуглеродистой (Ст0 –Ст3) и некоторых легированных (Св08Г1НМА и др.) требуется низкая прочность. Потому при их производстве целесообразно применять замедленное охлаждение, что возможно при одностадийном способе охлаждения, который осуществляется в бунте (после предварительного охлаждения катанки водой). При двухстадийном же охлаждении следует учесть, что в интервале температур $A_1+(200...250^{\circ}\text{C})$ происходит разупрочнение аустенита. Выдержка витков катанки на транспортере под теплоизолирующими крышками также приводит к разупрочнению из-за увеличения соотношения феррита к перлиту и уменьшения твердорастворного упрочнения, вызванного снижением концентрации углерода в феррите [10].

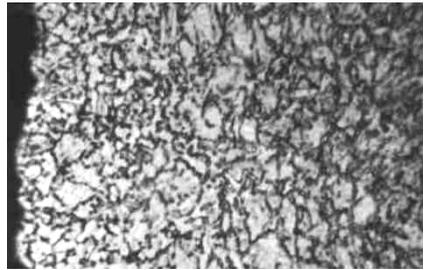
При производстве углеродистой катанки высокие прочностные и пластические свойства достигаются за счет частичного использования в высокотемпературной области развития статической рекристаллизации и

последующего ускоренного охлаждения в перлитной области, обеспечивающего формирование мелкодисперсной перлитной структуры. Величина аустенитного зерна углеродистых сталей влияет на дисперсность образующегося при превращении эвтектоида; при более крупном аустенитном зерне образуется более дисперсная структура перлита (квазиэвтектоида), чем при мелком. Это объясняется тем, что с уменьшением величины аустенитного зерна устойчивость γ – фазы также уменьшается, вследствие чего при прочих равных условиях температура превращения повышается. Зависимость дисперсности перлита от величины аустенитного зерна имеет экстремальный характер [11].

В углеродистой катанке равномерные свойства и микроструктура (рис.2.а) формируются при двухстадийном охлаждении. При одностадийном охлаждении (рис.2.б) имеется большая структурная неоднородность (наличие в поверхности катанки сорбита отпуска), что отрицательно сказывается на процессе переработки её в проволоку.



а



б

Рис.2. Микроструктура (x1000) стали 70 подвергнутой двух– (а) и одностадийному (б) охлаждению

Ускоренным охлаждением, можно формировать требуемое количество и качество вторичной окалины. Окалина является продуктом окисления металла и образуется на поверхности металлопроката при нагреве, термической обработке или обработке давлением в нагретом состоянии. В зависимости от состава стали, температуры поверхности, режима нагрева и охлаждения, содержания кислорода в окружающей среде слой окалины может иметь различный состав и строение. Процесс окисления железа протекает в последовательности $Fe \rightarrow FeO \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow Fe_2O_3$. Основными фазами при этом являются твердые растворы кислорода и окислов в железе: вюстит (фаза, близкая к FeO), магнетит (Fe_3O_4), гематит (Fe_2O_3), твердые растворы окислов. Вюстит в большей мере и магнетит в меньшей растворяются в кислотах; гематит – не растворяется [12].

Для углеродистой катанки исходя из того, что соотношение вюстита к магнетиту должно соответствовать 4 и при этом должен отсутствовать гематит, можно по удельной массе окалины, прогнозировать её толщину (рис.3), что является не маловажным фактором при определении расхода

металла, способа удаления окалины (механический или кислотный) и вольчения (износ фильер) катанки – проволоки.

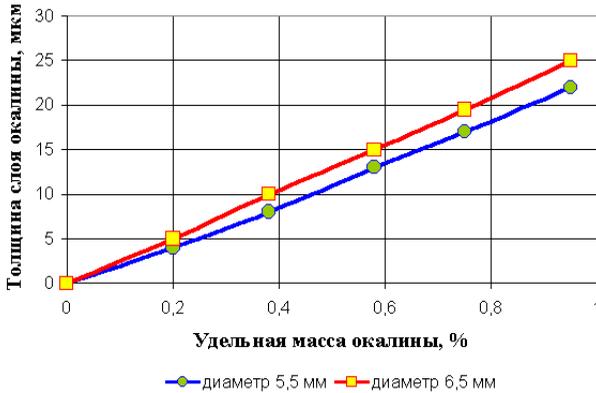


Рис.3. Зависимость толщины слоя окалины на поверхности углеродистой катанки от её удельной массы

В углеродистой стали с повышенным содержанием марганца может формироваться бейнитная структура.

Микроструктура катанки стали 65Г представляет собой тонкопластинчатый перлит с участками бейнита (рис.4.а), что обуславливает повышение прочностных свойств. Во избежание образования участков бейнита при двухстадийном охлаждении необходимо проводить медленное охлаждение (со скоростью 1–3°С/с), при котором формируется феррито-перлитная структура (рис.4.б).

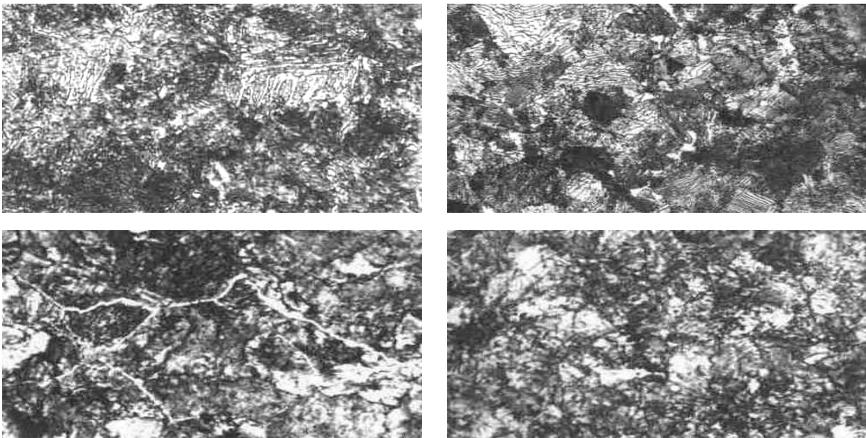


Рис.4. Микроструктура (x1000) стали 65Г (а, б) и ШХ15 (в, г) подвергнутой одно- (а, в, г) и двухстадийному (б) охлаждению.

В заключении следует отметить, что при определении способа регулируемого охлаждения следует руководствоваться, как технологически, так и производственными возможностями, которые могут обеспечить получение в катанке необходимого комплекса свойств.

1. *Термомеханическая* обработка стали / М.Л. Бернштейн, В.А. Займовский, Л.М. Капуткина . – М.: Металлургия, 1983. – 480 с.
2. *Jalil A.A.* – Iron and Steel Engineer. – 1982. – №5. – P.46–48.
3. *Varo R.A.* – Metallurgical Plant and Texnology. – 1984. – V.7. – №4. – P.52–56.
4. *Дитль В.* Регулируемое охлаждение катанки на скоростных проволочных станках //Черные металлы. – 1979. – №21. – С.31–35.
5. *EDS the Process For Cooling Wire Rods* // Iron and Steel Review. – 1984. – V.28. – №5– 6. – P.15–18.
6. *Kobe Steel Wire Rod and Bar Production* // Wire Industry. – 1980. – V.47. – №562. – P.899–901, 904.
7. *Lewis D.*– Wire and Wire Products. – 1957. – V.32. – №10. – P.1179–1182, 1262–1264.
8. *Tendler A.* – Wire Journal. – 1981. – V.14. – №2. – P.84–91.
9. *Влияние* режима патентирования на структуру и механические свойства катанки из высокоуглеродистой стали / П. Функе, Г. Краутмахер, Р. Кольгрюбер // Черные металлы. – 1982. – №2. – С.28–35.
10. *Разупрочняющая* термомеханическая обработка проката из углеродистой стали / В.В. Парусов, А.Б. Сычков, В.А. Луценко и др.//Металлургическая и горнорудная промышленность. – Дн–ск. – 2003. – №6 – С.54–56.
11. *Оптимизация* структуры углеродистой катанки при двухстадийном охлаждении /В.В. Парусов, В.А. Луценко, В.А. Тищенко и др.// Сталь. – 2003. – №4. – С.62–64.
12. *Уменьшение* окалинообразования при производстве проката. / В.И. Губинский, А.Н. Минаев, Ю.В. Гончаров – К. – Техника. – 1981. – 135с.

Статья рекомендована к печати д.т.н. С.М.Жучковым.