

О.Н.Перков, В.Г.Раздобреев, А.Р.Пименов

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА НА ВЕЛИЧИНУ ЗЕРНА АУСТЕНИТА И СВОЙСТВА ОСЕВОЙ СТАЛИ

Приведены результаты исследования влияния различных температур нагрева на величину зерна аустенита и механические свойства осевой стали. Показано, что нагрев стали выше критических точек приводит к образованию аустенита с мелкозернистой структурой почти независимо от исходного состояния.

Введение. Горно–металлургический комплекс (ГМК) Украины является важнейшей бюджетообразующей отраслью народного хозяйства страны. В настоящее время на экспорт поставляется 80% продукции украинского ГМК, тогда как в развитых странах этот показатель составляет 20%, а 80% продукции ГМК поставляют на внутренний рынок и используют для производства конечной продукции. Прокатное производство является определяющим переделом в выпуске готовой металлопродукции черной металлургии. Основной целью развития отечественного прокатного производства до 2010 года является: улучшение качества продукции, совершенствование ее сортамента, повышение конкурентоспособности; совершенствование структуры производства, модернизация основного и вспомогательного оборудования прокатных цехов; уменьшение сырьевых и энергетических затрат за счет перехода на непрерывно литую заготовку; вывод из эксплуатации физически и морально устаревших прокатных станков при условии обеспечения внутреннего спроса и экспорта [1].

Среди крупных народнохозяйственных проблем особое место занимают вопросы развития железнодорожного транспорта, во многом определяющего работу других отраслей промышленности. Дальнейший рост грузовых и пассажирских перевозок за счет увеличения скорости движения поездов и повышения осевых нагрузок вагонов возможен лишь при обеспечении железнодорожного транспорта высококачественным металлом.

Постановка задачи. Украина располагает набором сортовых, листовых и специализированных прокатных станков, обеспечивающих основные потребности внутреннего и внешнего рынков как по сортаменту, так и по маркам стали. В составе отечественного прокатного производства имеется уникальный современный осепрокатный стан 250 ОАО «Днепропетровского металлургического комбината им. Дзержинского». Аналогичного производства сплошных черновых осей подвижного состава железнодорожного транспорта на территории бывшего СССР и в мире не существует [2]. Основной сортамент стана 250 поперечно–винтовой периодической прокатки составляют черновые сплошные вагонные оси, заготовки профильные для тепловозных осей, оси черновые сплошные для тележек, а также круглые

заготовки диаметром от 130 до 230 мм. Осевую заготовку для вагонных тендерных осей изготавливают в соответствии с ГОСТ 4728 из стали марки ОсВ (0,37–0,45% С; 0,50–0,80% Мп; 0,15–0,35% Si; ≤0,30% Ni; ≤0,30% Cr; ≤0,25% Cu; ≤0,050% S; ≤0,040% P), а для локомотивных и моторных вагонов из стали марки ОсЛ (0,42–0,50% С; 0,60–0,90% Мп; 0,15–0,35% Si; ≤0,30% Ni; ≤0,30% Cr; ≤0,25% Cu; ≤0,050% S; ≤0,040% P) [3].

После винтовой периодической прокатки сплошные черновые оси поступают к пилам горячей резки на заказные длины, а затем на холодильник для охлаждения до температур ≤520⁰С. После охлаждения на холодильнике оси подвергают нормализации при температурах 840–870⁰С в течение 3–х часов с горячей посадки (>350⁰С) и 3,5 ч с холодного (<350⁰С) посадки. Все оси подвергают ультразвуковой дефектоскопии. В каждой оси фиксируют ультразвуковые сигналы с торца в четырех точках для выявления соответствия микроструктуры требованиям нормативно-технической документации. Весь технологический процесс производства осей на стане 250 автоматизирован.

В результате многочисленных исследований были изучены закономерности образования и роста зерен аустенита [4–7]. Для целей промышленного производства была разработана международная стандартная шкала, а требования по размеру зерна записаны в технические условия на поставку стали наравне с химическим составом и механическими свойствами.

В связи с этим целью настоящей работы явилось изучение кинетики роста зерна аустенита и механических свойств осевой стали.

Материал и методика исследований.

Материалом для исследований служила осевая сталь производства Днепровского металлургического комбината следующего химического состава: (% по массе): С=0,47; Мп=0,70; Si=0,22; S=0,018; P=0,017; Cr=0,01; Ni=0,014; Cu=0,02; Al=0,032; N=0,009.

Из оси вырезали заготовки размером 12x12 x55 мм (из мест отбора стандартных проб для механических испытаний). Помимо изучения кинетики превращения перлита в аустенит осевой стали важно выяснить вопрос влияния структуры металла, образовавшейся в процессе изготовления оси до стадии специального нагрева под термическую обработку, на формирование зерна аустенита и последующей феррито–перлитной структуры, т.е. оценить роль структурной наследственности в формировании структуры и свойств материала оси.

Исследовали структуру образцов осевой стали с определением величины зерна аустенита в горячекатаном состоянии, а также после нормализации при температурах: 820; 850; 880; 920 и 950⁰С, полностью охватывая возможный (и несколько шире) интервал нагрева осевого металла при термической обработке.

Чтобы освободиться от влияния побочных факторов, которые могут возникнуть при охлаждении от разных температур, образцы после вы-

держки при исследуемых температурах помещали в печь с температурой 820⁰С. Затем производили охлаждение на спокойном воздухе.

Величину аустенитного зерна осевой стали после различных обработок определяли методом выделения трооститной сетки по границам бывших зерен аустенита в соответствии с ГОСТ 5639. Механические испытания с определением прочностных и пластических свойств осевой стали, нагретой до различной температуры проводили при одноосном статическом растяжении по ГОСТ 1497, а ударной вязкости на динамический изгиб при комнатной температуре по ГОСТ 9454.

Результаты исследований и их анализ.

Результаты металлографических исследований и механических испытаний приведены в таблице.

Таблица. Величина зерна и механические свойства осевой стали, нагретой до различных температур аустенитизации

Температура нагрева, ⁰ С	Величина зерна аустенита, номер балла	Временное сопротивление разрыву, σ_B , Н/мм ²	Относительное удлинение, δ , %	Ударная вязкость, KCU_{+20}^{0C} , МДж/м ²
820	7	610	27,0	0,55
850	6–7	620	25,0	0,50
880	5–6	630	23,5	0,45
920	4–5	635	23,5	0,40
950	4	640	21,0	0,30

Исследования показали, что величина исходного аустенитного зерна (в горячекатаном состоянии) соответствует 3–4 баллу по ГОСТ 5639. Значение влияния аустенитного зерна состоит не только в том, что оно предопределяет ход превращения во время последующего охлаждения, но и в том, что оно определяет величину зерна в стали, имеющего перлитную структуру. Размеры зерен перлита зависят, в первую очередь, от размеров зерен аустенита, из которых они образовались. Чем крупнее зерна аустенита, тем, как правило, большего размера образуются из них перлитные зерна. Так как зерна аустенита растут в процессе операции нагрева под различную обработку в результате собирательной рекристаллизации аустенита при повышенных температурах нагрева и при последующем охлаждении не изменяется, то максимальная температура нагрева стали в аустенитном состоянии и ее наследственная зернистость определяют окончательный размер зерен.

Анализ полученных результатов показал, что закономерность изменения размера зерна аустенита с ростом температуры нагрева остается постоянной для исходного горячекатаного состояния осевой стали (см. таблицу).

Влияние границ зерен на прочность и вязкость стали различно. Известно, что укрупнение аустенитного зерна стали практически не отражается на статических характеристиках механических свойств, но значительно снижает показатели ударной вязкости, особенно при высоких значениях твердости. В качестве объяснения Мак Лин, обобщая теории хрупкого разрушения Котрелла, Стро и Петча, приводит явления дробления пути скольжения, происходящее при уменьшении размера зерна [8]. Следовательно, эффект структурной наследственности, как видно из изучения структуры и свойств осевой стали в горячекатаном и нормализованном состоянии, практически не проявляется, что хорошо согласуется с данными В.Д. Садовского относительно сталей с исходной феррито–перлитной структурой [9].

Выводы.

Нагрев стали с указанной структурой выше критических точек приводит в результате взаимодействия феррита и карбидов к образованию аустенита с мелкозернистой структурой почти независимо от исходного состояния и условий нагрева, а при дальнейшем повышении температуры и длительности выдержки происходит только рост размера зерна. Связано это обстоятельство с тем, что при охлаждении от температуры нагрева зерно аустенита разбивается на многочисленные перлитные колонии и, таким образом, кристаллическая структура стали рафинируется уже самим процессом диффузионного распада аустенита.

1. *Неменов А.М.* События в цифрах и фактах //Металлург. –2007. –№5. –С.25–33.
2. *Прокатные станы* /В.Г.Антипин, С.В.Тимофеев, Д.К.Нестеров и др. //Справочник. В 3–х томах. Т.2. Средне–, мелко сортные и специальные станы – М.: Металлургия, 1992. –496.
3. *Термическое упрочнение проката* /К.Ф.Стародубов, И.Г.Узлов, В.Я.Савенков и др. // – М.: Металлургия, 1970. – 369с.
4. *Блантер М.Е.* Фазовые превращения при термической обработке стали. – М.: Металлургия, 1962. –268с.
5. *Блантер М.Е.* Теория термической обработки. – М.: Металлургия, 1984. – 326с.
6. *Гуляев А.П.* Металловедение. – М.: Металлургия, 1986. –544с.
7. *Металловедение и термическая обработка стали* /Под. Ред. Бернштейна М.Л., Рахштадта А.Г. Справочник в 3–х томах. Т.2. – М.: Металлургия, 1983. –366с.
8. *Мак Лин Д.* Механические свойства металлов.– М.: Металлургия, 1965. –430с.
9. *Садовский В.Д.* Структурная наследственность в стали. – М.: Металлургия. – 1973, –205с.

Статья рекомендована к печати канд.техн.наук В.С.Лучкиным