

К вопросу формирования сорбитной структуры в заготовке для высокопрочной проволоки

В. И. Алимов, проф., д. т. н., М. В. Георгиаду, асп. ас., Т. С. Коржова, маг., Д. Н. Педан, ас.

Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина

Сорбитная структура в стальной заготовке для производства высокопрочной проволоки является уникальной и крайне важной по следующим причинам: она обеспечивает высокую деформируемость стали в холодном состоянии (ϵ до 95 – 98 %), имеет высокий комплекс механических свойств в заготовке

($\sigma_g = 1000 - 1400 \text{ Н/мм}^2$, $\delta = 10 - 15 \%$, $\Psi = 25 - 35 \%$) и готовой проволоке ($\sigma_g = 1600 - 2600 \text{ Н/мм}^2$, $n_g = 10 - 30$, $n_k = 25 - 40$).

Традиционно сорбитную структуру получают специальной термообработкой - патентированием, которое выполняют на специализированных заводах. Недостатком этого процесса является удлинение технологического цикла обработки, дороговизна и дефицитность расплавов солей, сложность обслуживания ванн, загрязнение окружающей среды. Поэтому объединение процесса прокатки проволочной заготовки с процессом формирования сорбитной структуры с реализацией на металлургическом заводе представляет значительный интерес.

Целью исследования является изучение влияния условий формирования сорбитной структуры в высокоуглеродистой катанке, предназначенной для передела на высокопрочную проволоку, при термическом и деформационном воздействии.

Для исследований брали катанку производства Макеевского металлургического завода диам. 6,5 мм из стали 70 с химсоставом, % мас. : 0,67 С; 0,39 Mn; 0,21Si; 0,016 S; 0,005 P.

Бессолевую сорбитизацию катанки выполняли с отдельного нагрева с ускоренным охлаждением потоком воздуха, движущегося со скоростью 1 – 3 м/с. Образцы нагревали до температур 800, 900, 1000 и 1100°С в трубчатой электрической печи типа Т-40/600 с удельной выдержкой из расчета 1, 2, 3 и 5 мин/мм сечения. Для изучения возможности формирования структуры сорбита деформационным воздействием образцы катанки нагревали до температуры 930°С с

удельной выдержкой из расчета 2 мин/мм сечения; охлаждение недеформированных образцов проводили по двум вариантам – на спокойном воздухе и путем пропускания через холодные прокатные валки без обжатия («ложная прокатка») с окончательным охлаждением на воздухе. Другие образцы прокатывали в горячем состоянии на прокатном стане типа ДУО-100 со степенями деформации 43 и 55% с последующим охлаждением на воздухе.

Для изучения микроструктуры экспериментальных образцов изготавливали шлифы в продольном и поперечном направлениях. Измерение микротвердости производили на приборе ПМТ-3 при нагрузке 1 Н. Твердость измеряли на приборе ТК-2М.

Влияние температуры аустенитизации и длительности выдержки на твердость катанки показаны на рисунке 1.

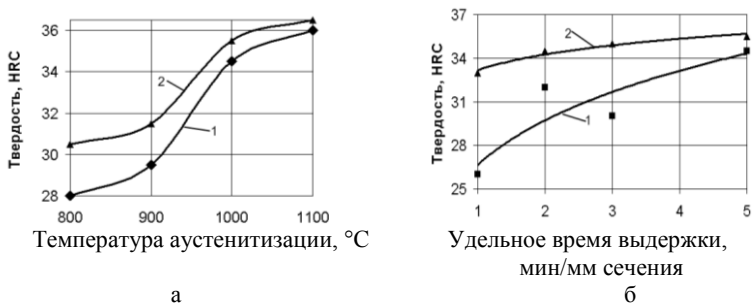


Рисунок 1 – Влияние температуры аустенитизации (выдержка: 1 - 2 мин/мм, 2 - 5 мин/мм) (а) и длительности выдержки (1 - 900°C, 2 - 1000°C) (б) на твердость катанки из стали 70 после охлаждения слабодвижущимся воздухом

Видно, что повышение температуры аустенитизации и длительности выдержки приводит к монотонному повышению твердости. Это связано с тем, что растет зерно аустенита и его однородность, а это увеличивает устойчивость переохлажденного аустенита, его склонность к переохлаждению и получению более дисперсных структур при распаде.

Приведенные на рис. 2 микроструктуры по сечению катанки свидетельствуют об однородности формирующейся структуры при данных условиях охлаждения. Поддерживать такие условия при ускоренном охлаждении с прокатного нагрева на современном проволочном стане при скорости движения катанки 150 м/с можно при автоматическом управлении процессом.



Рисунок 2 – Микроструктура катанки стали 70 после аустенитизации при 900°С в течение 3 мин/мм и охлаждения слабодвижущимся воздухом, ×476: а- центр сечения; б – ½ радиуса; в – 0,5 мм от поверхности

Зависимость микротвердости от содержания углерода (%С) и степени предварительной холодной деформации (ϵ , %) описывается уравнением регрессии:
 $H = 4149 - 5800 C - 4,33 \epsilon + 4234 C^2 + 13,1 C \epsilon + 0,048 \epsilon^2$, что позволяет оценить сорбитную структуру без прямого наблюдения микроструктуры.

Приняв в качестве предварительной деформации горячую и содержание углерода 0,67%, получим для степени деформации 43% $H = 2444 \text{ Н/мм}^2$, а для степени деформации 55% - $H = 2553 \text{ Н/мм}^2$.

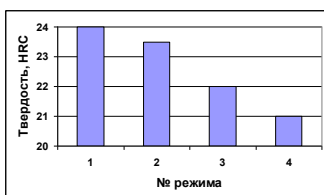


Рисунок 3 – Зависимость твердости от режима обработки 1-прокатки, $\epsilon=55\%$; 2-«ложной прокатки»; 3-без прокатки; 4-прокатки, $\epsilon=43\%$

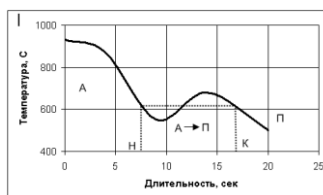


Рисунок 4 – Кривая охлаждения: н - начало распада аустенита; к - конец; А-аустенит; П-перлит

Фактически полученная твердость (рис.3) близка к расчетным значениям для сорбитной структуры, а ее отклонения вызваны наличием структурно свободного феррита, не учитываемого в уравнении. Распад аустенита в перлитные структуры при воздушном охлаждении подтверждается термическими кривыми охлаждения (рис 4).

Проведенные эксперименты подтверждают принципиальную возможность получения тонкопластинчатого перлита (сорбита) в высокоуглеродистой катанке путем повторной аустенитизации с последующей деформацией и без нее. По сходной базовой технологии могут быть обработаны и штучные пружинящие изделия, в том числе специфического назначения.