

Жолдошов Белекбек Муратович – д.т.н., профессор,
Ошский технологический университет,
Муратов Владимир Сергеевич - д.т.н., профессор,
Самарский государственный технический университет, РФ

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК НА СТРУКТУРУ СТАЛИ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Исследовано, влияние температуры заливки и скорости охлаждения после завершения кристаллизации на структуру и кинетику разупрочнения стали 35Л после однократной и термоциклической обработки.

Ключевые слова: аустенит, форсированное охлаждение, легирование, отжиг, термоциклирование, распад.

Zholdoshev Belekbek Muratovich - Doctor of technical sciences, professor,
Osh technological university,
Muratov Vladimir Sergeevich - Doctor of technical sciences, professor,
Samara state technical university, Russian Federation

FEATURES OF THE INFLUENCE OF TECHNOLOGY FOR PRODUCING CASTINGS ON THE STRUCTURE OF STEEL DURING HEAT TREATMENT

The influence of pouring temperature and speed of cooling after finishing of crystallization on the structure and kinetics hardening steel of 35L after one time thermo cycling manufacturing was researched.

Key words: austenite, transforming, alloying, annealing, thermo cycling, hardening.

Экспериментальным путем изучено влияние температуры заливки ($T_{\text{зал}}=1600$ и 1750 °С) и скорости охлаждения после завершения кристаллизации на структуру и кинетику разупрочнения стали 35Л после однократной и термоциклической обработки (ТЦО). Объектами исследования были выбраны клинья размером $200 \times 80 \times 60$ мм, которые заливались специально в земляные формы. После процесса кристаллизации часть клиньев извлекалась из земляных форм, и после завершения кристаллизации до температуры 1200 °С охлаждалась в воде, остальные клинья остывали в форме. Далее осуществлялась однократная нормализация или закалка, либо ТЦО по режиму 1: первая закалка с температуры $T_1=870$ °С – последующий отпуск: $T_{\text{отп}}=430$ °С, $\tau_{\text{отп}}=870$ °С. Образцы после нормализации подвергались структурным исследованиям для оценки величины зерна, а после закалки – определялась теплостойкость. Помимо описанных вариантов обработки осуществлялось ТЦО в виде 2 и 3 закалок с $T_1=870$ °С.

Анализ полученных данных показал, что клиньях, отлитых с $T_{\text{зал}}=1600$ °С и охлажденных в форме, наряду с измельчением зерна наблюдаются укрупненные участки феррита и перлита - результат вторичной рекристаллизации. Величина рекристаллизационных зерен в массивной части клина существенно больше, чем в тонкой. В тех отливках, которые охлаждались после завершения кристаллизации в воде ($T_{\text{зал}}=1600$ °С) вторичная рекристаллизация после ТЦО не наблюдалась. После $\alpha \leftrightarrow \gamma$ переходов происходит более интенсивное измельчение зерна, чем в случае медленного охлаждения.

Анализируя особенности указанного поведения, стали 35Л при ТЦО, следует остановиться на причинах, приводящих к измельчению зерна и вторичной

рекристаллизации. Мелкое измельчение зерна в любом случае можно добиться переходом через критические точки со скоростями, которые обеспечивает реализацию первичной рекристаллизации после завершения $\alpha \rightarrow \gamma$ - превращения. Как известно [1], превращение феррито-перлитной смеси в аустенит протекает путем ориентированного сдвигового роста аустенита. Число центров аустенита зависит от скорости перехода через критические токи. В свою очередь вероятность рекристаллизации сформированного аустенита зависит от исходного состояния сплава и скорости нагрева в субкритической области [2]. При медленном нагреве в субкритической области успевают произойти полигонизационные процессы и рекристаллизация после $\alpha \rightarrow \gamma$ - превращения будет протекать вяло. При быстром (~ 100 К/мин) нагреве будет осуществляться интенсивная рекристаллизация, и аустенит измельчится. В нашем случае скорость нагрева достаточная для осуществления рекристаллизации. Это видно по мелким зернам аустенита, в пределах которых в дальнейшем протекает феррито-перлитный распад аустенита, в пределах, которых в дальнейшем протекает феррито-перлитный распад аустенита [3].

Окончательный размер зерен определяется склонностью к росту рекристаллизационных аустенитных зерен. В тех случаях, когда в сплаве сформированы близкие по размерам зерна с закрепленными границами, вероятность их роста будет одинакова и к интенсивному росту будут склонны лишь зерна с особыми границами типа Кронберга-Вильсона. Кроме того, упорядоченные границы склонны к «рассыпанию» из-за стремления к повышению энтропии. Исходя из изложенного, легко понять, что при получении клиньев с $T_{\text{зал}}=1600$ °С сохраняются нерастворенные мелкие частицы, которые блокируют больше угловые границы аустенитных зерен. Кроме того, при медленном послекристаллизационном охлаждении резко снижается плотность дефектов, что не позволяет получить при термообработке аустенитных зерен с высокоугловыми границами. Предотвращение вторичной рекристаллизации при повышении $T_{\text{зал}}$ до 1750 °С вне зависимости от скорости охлаждения отливок обусловлено, во-первых, растворением включений, которые могли бы впоследствии закреплять границы зерен, а, во-вторых, получением большей однородности расплава, что также увеличивает подвижность границ зерен с различной ориентировкой. Исходя из сказанного, можно сделать вывод, что получения повышенных свойств отливок из сталей целесообразно осуществлять:

а) перегрев металла перед заливкой; б) проводить ускоренное охлаждение (закалку) деталей после завершения кристаллизации.

На рисунке 1, в качестве примера представлена кинетика изменения твердости стали 35Л в процессе изотермической выдержки при температуре 430 °С. Каждая кривая относится к материалу различной исходной подготовкой в соответствии с таблицей 1, и окончательной однократной закалкой с $T_{\text{зал}}=870$ °С. 1-8- режимы исходной подготовки образцов в соответствии с табл.1.

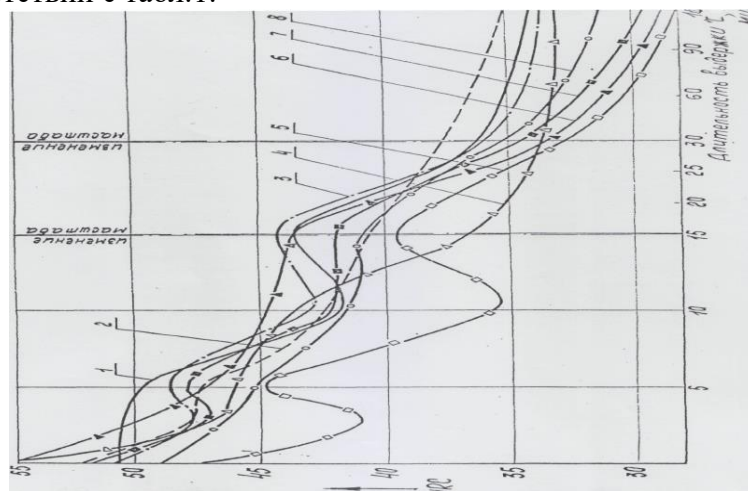


Рис. 1. Кинетика изменения твердости в процессе изотермической выдержки стали 35Л после трех закалок ($T_{\text{исп}}=430$ °С)

Режимы исходной подготовки образцов из стали 35Л

№ режима		Температура заливки, T °C	Охлаждение после кристаллизации
Массивная часть клина	Тонкая часть клина		
1	2	1600	в форме
3	4	1600	в воде
5	6	1750	в форме
7	8	1750	в воде

Анализ приведенных данных, включая и результаты термообработки по вариантам с однократной и двукратной закалками, показал:

- Практически для всех вариантов исходной подготовки наблюдается немонотонный характер изменения HRC(t). У большинства образцов сначала (~до 3 мин) происходит ее подъем (при $\tau=5$ мин) и последующее монотонное снижение. В некоторых образцах первый спад не обнаруживается (например, режимы №1,7 после одной закалки), а у варианта №5 снижение твердости начинается при $\tau \geq 3$ мин.
- Конечная твердость однократно закаленной стали после двухчасовой выдержки при 430°C ниже у отливок с температурой $T_{\text{зал}}=1750$ °C, чем у отливок с температурой $T_{\text{зал}}=1600$ °C.
- Применение ускоренного охлаждения после завершения кристаллизации неодинаково действует на отливки, отличающиеся по температуре заливки. Так для клиньев, полученных с $T_{\text{зал}}=1750$ °C, теплостойкость форсированно охлажденных клиньев выше, чем охлажденных в форме. В то же время для клиньев с $T_{\text{зал}}=1600$ °C- картина противоположная: теплостойкость медленно охлажденных клиньев несколько выше.
- Применение двух закалок, сохраняя в целом тенденцию изменения HRC(t), приводит к уменьшению дисперсии твердости как непосредственно после закалки, так и после завершения изотермической выдержки. При этом общий уровень твердости всех образцов после закалки повышается до 54-56 HRC по сравнению с 41-53 HRC (после одной закалки). Величина же прироста твердости при $\tau=5$ мин становится весьма незначительной, а у некоторых образцов практически не наблюдается.
- При увеличении числа закалок до трех вновь увеличивается дисперсия по твердости, хотя кинетика изменения HRC(t) сохраняется, а также имеет место различие теплостойкости у перегретой и неперегретой сталей.

Отмеченный выше ход кривых HRC(t) объясняется особенностями структурных изменений, описанных выше. В самом деле, ранее отмечалось, что повышение температуры заливки приводит к растворению включений и получению более однородного расплава. Это, в свою очередь, уменьшает степень закрепления границ и повышает мобильность матрицы.

Указанное подтверждается характером структурных изменений и более интенсивным снижением твердости. В результате, можно предположить, что повышение мобильности матрицы и измельчение зерна приведет к повышению ударной вязкости отливок.

Таким образом, совокупность данных по изменению структуры и теплостойкости позволяет наметить пути по совершенствованию технологии изготовления высококачественных отливок.

Выводы:

На основе экспериментальных данных показана, что для получения повышенных свойств отливок из исследуемых сталей целесообразно осуществлять:

- а) перегрев металла перед заливкой;
- б) проводить ускоренное охлаждение (закалку) деталей после завершения кристаллизации (см.рис.1), кинетика изменения твердости в процессе изотермической выдержки стали 35Л.

Литература:

1. **Дьяченко, С.С.** Образование аустенита в железоуглеродистых сплавах [Текст] / С.С. Дьяченко // - М.: Металлургия, 2002. 145 с.
2. **Жолдошов, Б.М.** Уровень распределения легирующих элементов в быстрорежущих сталях [Текст] /В.С.Муратов, Э.Н. Турдажиева// Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, Научно-технический журнал, 2017, №1 - С.42 - 44.
3. **Жолдошов, Б.М.** Особенности охлаждения и распада аустенита для быстрорежущей стали Р6М5 [Текст] // Известия ВУЗов. Научно-технический журнал. №3,-Бишкек, 2013.- С. 112-115.