

ВЛИЯНИЕ ИСХОДНОЙ СТРУКТУРЫ НА РЕЗУЛЬТАТ СФЕРОИДИЗИРУЮЩЕГО ОТЖИГА КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ

В.В. Свищенко, А.А. Иванайский

Изучено влияние различных исходных структур на процесс формирования зернистого перлита при сфероидизирующем отжиге стали 30ХН3А. Показано, что наиболее благоприятной исходной структурой для получения структуры зернистого перлита сфероидизирующим отжигом является зернистый бейнит.

Ключевые слова. Зернистый перлит, сфероидизирующий отжиг, исходная структура, зернистый бейнит.

Структура зернистого перлита является технологически обязательной для проката, используемого при изготовлении деталей методом точной чистовой вырубки. Для получения такой структуры в прокате на металлургических предприятиях используют следующую технологию [1]. Горячий подкат, имеющий обычно структуру феррита и пластинчатого перлита подвергают холодной прокатке с последующим отжигом при температуре 680°C в течение не менее 16 часов. Предшествующая холодная пластическая деформация способствует сфероидизации цементита в процессе отжига и резко сокращает необходимое его время. Тем не менее, данная технология остается малопроизводительной и дорогой, что сдерживает использование метода точной чистовой вырубки.

Сфероидизация карбидов – это диффузионный процесс. Известно [1], что чем дальше исходная структура от равновесной, тем быстрее она при сфероидизирующем отжиге трансформируется в зернистый перлит. Так мартенсит трансформируется в зернистый перлит уже после четырёх часов выдержки при 680°C. Однако это преимущество мартенсита не используют, поскольку получать его в прокате сложно.

Представляет интерес использование структуры зернистого бейнита в качестве исходной перед сфероидизирующем отжигом. Донная структура обнаружена и описана относительно недавно [2-4]. Матричной основой структуры зернистого бейнита является бейнитная α -фаза полиэдрической формы. В ней расположены однофазные включения остаточного аустенита и высокоуглеродистого мартенсита, и включения, представляющие собой механическую смесь α -фазы и

глобулярных карбидов. Включения отличаются размерами и имеют в основном округлую форму. Количество остаточного аустениита составляет 8 – 12 %. Содержание углерода в остаточном аустените аномально высоко и составляет 1,6 – 1,8 %, при среднем содержании его в составе стали примерно 0,2 %. Теоретически строение и фазовый состав зернистого бейнита благоприятны для трансформации структуры в зернистый перлит при сфероидизирующем отжиге. Получение в прокате зернистого бейнита гораздо менее сложно, чем получение мартенсита [3].

Сравнительное исследование влияния исходной структуры на процесс сфероидизирующего отжига проведено на образцах, вырезанных из проката стали марки 30ХН3А, имеющих размеры 25×25×10 мм. Образцы были разделены на три партии. Образцы первой группы были подвергнуты полному отжигу, в результате чего они приобрели полосчатую феррито-перлитную структуру (рисунок 1а). Образцы второй партии были подвергнуты нормализации, в результате чего они приобрели структуру зернистого бейнита (рисунок 1б). Образцы третьей партии были закалены на мартенситную структуру. После сфероидизирующего отжига образцов, заключавшегося в нагреве до 680°C и выдержек в течение 4-х, 12-ти и 24-х часов у них была определена твердость и изучена микроструктура. Результаты исследования приведены в таблице.

У образцов с исходной полосчатой феррито-перлитной структурой после 4-х часов выдержки не отмечено каких либо её изменений. Только после 12-ти часов выдержки в перлитных зернах заметно начало сфероидизации цементита. После 24-х часов вы-

держки сфероидизация завершается. Конечная структура сохраняет полосчатость и

представляет собой феррит и зернистый перлит (рисунок 2а).

Таблица - Структура и твёрдость образцов после выдержке при 680°C

Исходная структура и твёрдость	Время выдержки в часах, структура и твёрдость		
	4	12	24
Полосчатая феррито-перлитная HB 190	Полосчатая феррито-перлитная HB 186	Полосчатая феррито-перлитная (30 % глобулярного F ₃ C) HB 183	Полосчатая феррито-перлитная (100 % глобулярного F ₃ C) HB 180
Зернистый бейнит HB 324	Зернистый перлит HB 215	Зернистый перлит HB 197	Зернистый перлит HB 184
Мартенсит HRC ₅₀ 50	Зернистый перлит HB 248	Зернистый перлит HB 212	Зернистый перлит HB 196

такая же картина наблюдается и у образцов с исходной мартенситной структурой. Однако дисперсность и твердость зернистого перлита, полученного из мартенсита выше, чем полученного из зернистого бейнита.



а)

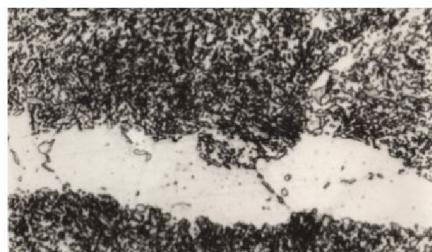


б)

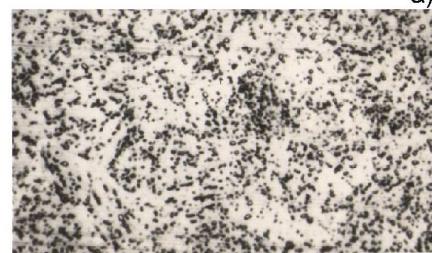
Рисунок 1 – Структура образцов в исходном состоянии ×1000

У образцов с исходной структурой зернистого бейнита зернистый перлит образуется уже после 4-х часововой выдержки (рисунок 2б). Дальнейшее увеличение выдержки приводит к снижению степени дисперсности

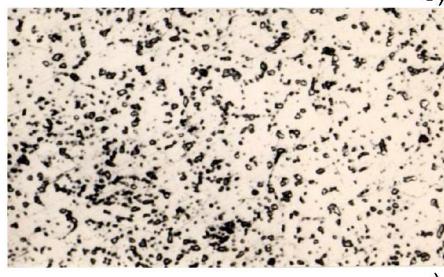
глобулой цементита (рисунок 2в) и некоторому снижению твердости. Принципиально



а)



б)



в)

Рисунок 2 – Структура после отжига ×1000

ВЛИЯНИЕ ИСХОДНОЙ СТРУКТУРЫ НА РЕЗУЛЬТАТ СФЕРОИДИЗИРУЮЩЕГО ОТЖИГА КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ

При выборе рациональной для сфероидизирующего отжига исходной структуры необходимо учесть её влияние как на конечную структуру и твердость, так и на техническую возможность получения в прокате. На основании проведённого исследования проанализируем влияние различных исходных структурных составляющих на формирование структуры во время сфероидизирующей обработки. Наличие перлита в исходной структуре следует считать недопустимым, поскольку эта структурная составляющая наиболее длительно трансформируется в зернистый перлит.

Рассмотрим случай, когда после горячей прокатки, подкат будет иметь структуру зернистого бейнита или мартенсита. Очевидно, что наиболее благоприятной исходной структурой будет зернистый бейнит, так как он обеспечивает получение значительно более мягкого зернистого перлита, чем мартенсит. К тому же производить закалку проката на мартенсит значительно сложнее. В работе [3] показано, что в прокате стали 24Х2НАч толщиной до 6 мм при его охлаждении на воздухе с температуры окончания прокатки формируется структура феррита и зернистого бейнита, а при охлаждении в потоке воздуха – структура одного зернистого бейнита.

Рассмотрим случай, когда структура подката после горячей прокатки будет состоять из зернистого бейнита и структурно свободного (избыточного) феррита. Цель сфероидизирующего отжига – получение однородной механической смеси феррита и глобуллярного цементита. Если подкат с целью калибровки будет подвергаться холодной прокатке, то присутствие структурно свободного феррита в исходной структуре следует считать допустимым. Холодная пластическая деформация «перемешает» зерна различных структурных составляющих и сделает общую структуру более однородной. Если холодной прокатки не будет, то наличие структурно свободного феррита затруднит образование однородного зернистого перлита.

Проведённый выше анализ влияния исходных структур на формирования необхо-

димой для метода точной чистовой вырубки структуры зернистого перлита позволяет сделать следующие выводы.

В горячем подкате не должно быть перлитной структурной составляющей. В подкате, калибровка которого будет осуществляться холодной прокаткой, целесообразно иметь структуру феррита и зернистого бейнита. После 4-х часового сфероидизирующего отжига зернистый бейнит трансформируется в зернистый перлит. Феррит не претерпевает превращений (кроме рекристаллизации) и остаётся структурно свободным. Холодная пластическая деформация и рекристаллизационный отжиг должны привести к равномерному распределения глобуллярного цементита в феррите, то есть к образованию требуемой структуры однородного зернистого перлита.

Если прокат не будет подвергаться холодной пластической деформации, то для получения после сфероидизирующего отжига структуры однородного зернистого перлита необходимо в прокате после горячей пластической деформации получать структуру только одного зернистого бейнита.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. М.: Металлургия, 1986. 479 с.
2. Свищенко В.В. Строение и механизм формирования зернистого бейнита // Труды Алтайского Государственного технического Университета им. И.И. Ползунова - Барнаул: Издво АлтГТУ, 1995. - С. 44-50.
3. Кремнев Л.С., Свищенко В.В., Чепрасов Д.П. Скоростной диапазон образования зернистого бейнита при распаде аустенита стали 20Х2НАч // МИТОМ. 1998. № 5. С. 17-19
4. Свищенко В.В., Чепрасов Д.П., Антонюк О.В. Образование мезоферрита и зернистого бейнита в низкоуглеродистой низколегированной стали // МИТОМ. 2004. № 8. С. 7-11.

Свищенко Владимир Владимирович -
к.т.н., доцент, АлтГТУ.

Иванайский Александр Анатольевич -
к.т.н., доцент, АлтГТУ.