

Взаимосвязь между структурой и износостойкостью высокоуглеродистых сталей.

Счастливец В.М., Табатчикова Т.И., Яковлева И.Л., Егорова Л.Ю., Макаров А.В.



Исследована износостойкость высокоуглеродистых сталей, применяемых в железнодорожном транспорте (колеса, рельсы) и производстве высокопрочных канатов. Показано, что свежесформированный тонкопластинчатый перлит, образующийся при изотермическом распаде в высокоуглеродистых сталях при 500-525°C, обладает наиболее высокой износостойкостью, что обусловлено повышенным содержанием углерода в феррите перлита и способностью цемента к диссоциации в процессе фрикционного нагружения

Высокоуглеродистые стали со структурой тонкопластинчатого перлита (рис.1) находят широкое применение в железнодорожном транспорте и изготовлении канатов. Структура "свежего" тонкопластинчатого перлита, образующегося при минимально возможной температуре перлитного превращения, характеризуется избыточным содержанием углерода в ферритной составляющей, а также значительной дефектностью цемента. Стали с такой структурой имеют не только повышенную исходную прочность, но и повышенную износостойкость как при абразивном воздействии, так и в условиях трения скольжения по стали.

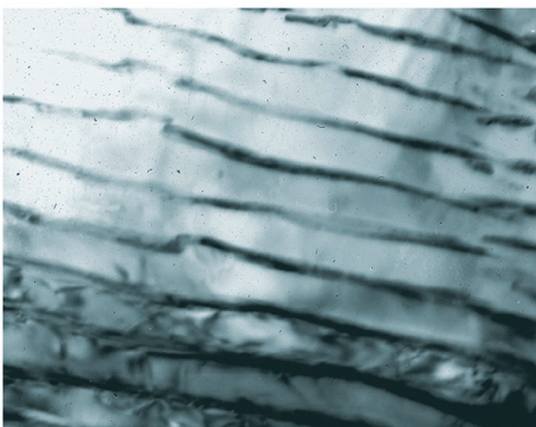


Рис. 1

Тонкопластинчатый перлит в стали У8, х 80000

Сопротивление изнашиванию стали с анализируемой структурой выше в 1,2-1,5 раза при абразивном воздействии и в 3-5 раз при трении в паре со сталью, чем у стали со структурой мелкодисперсного глобулярного или грубопла-

стинчатого перлита, а также у закаленной и отпущенной стали, имеющей такую же твердость (таблица). Однако рассматриваемое структурное состояние стали термически неустойчиво и легко устраняется кратковременным нагревом на 650-700°C (рис.2). Наиболее резкое снижение твердости и износостойкости, наблюдаемое в первые 5-10 мин отжига, не связано с изменением формы и/или дисперсности карбидной фазы, а лишь с устранением дополнительного твердорастворного упрочнения феррита и повышенной дефектности структуры, которые отличают метастабильное структурное состояние "свежего" тонкопластинчатого перлита и являются значительно более сильными факторами, влияющими на износостойкость эвтектоидной

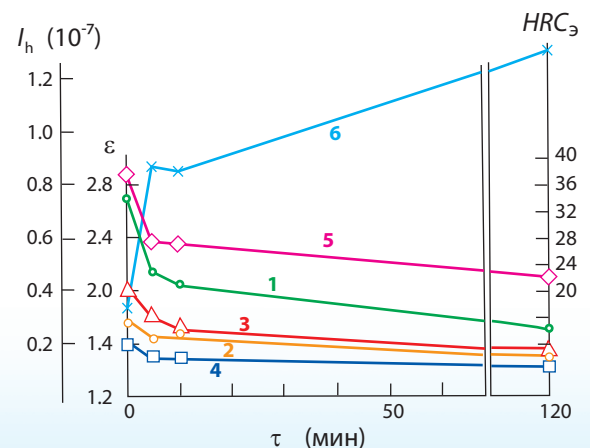


Рис. 2

Влияние длительности отжига при 650°C стали У8 (1, 2, 5, 6) и рельсовой стали (3, 4) со структурой тонкопластинчатого перлита на абразивную износостойкость при испытании по кремнию (1, 3) и по корунду (2, 4) на твердость (5) и на интенсивность адгезионного изнашивания при трении по стали Х12М (6)

стали, чем морфология и дисперсность карбидной фазы.

Большая износостойкость стали с анализируемой структурой определяется наряду с ее высокой исходной твердостью, также и значительной способностью к деформационному упрочнению при фрикционном нагружении, что обусловлено, вероятно, более интенсивной диссоциацией (растворением) дефектного цементита при пластической деформации трением. Переход атомов углерода из цементита в твердый раствор в данном случае способствует блокировке дислокаций, имевшихся в исходной структуре и образовавшихся при фрикционном нагружении. В заэвтектоидных сталях снижение температуры перлитного распада сталей У10 и У15 соответственно в интервалах 650-420 и 650-500°C приводит к непрерывному росту твердости и сопротивления абразивному и адгезионному изнашиванию (рис.3). Это обусловлено не только увеличением дисперсности пластинчатого цементита (межпластиночное расстояние S уменьшается от 0.30-0.35 до 0.06-0.07 мкм), но и наличием в тонкопластинчатом перлите, образующимся при 420-500°C, избыточного содержания углерода в ферритной составляющей и повышенной дефектности карбидной фазы, что обеспечивает данным метастабильным перлитным структурам рост не только исходной твердости, но и способности к деформационному упрочнению при контактном нагружении. Для стали У10 при близких уровнях твердости (40-41

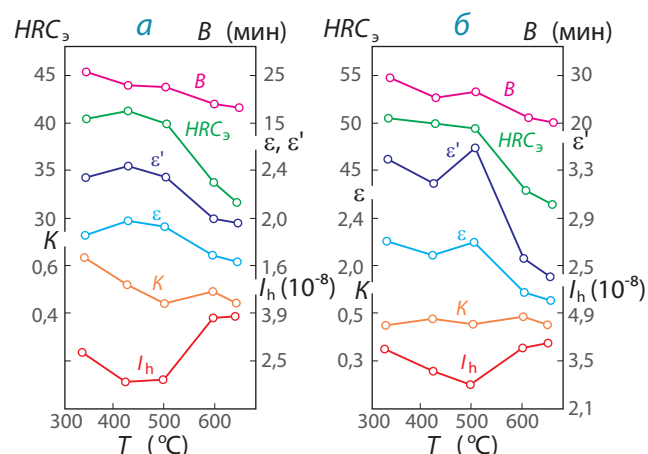


Рис. 3

Влияние температуры изотермического распада T на интегральную ширину рентгеновской линии (110), твердость HRC_{Σ} , абразивную износостойкость при испытании по корунду ϵ и кремню ϵ' , коэффициент трения K и интенсивность изнашивания I_h (при трении по стали X12M) сталей У10 (а) и У15 (б).

HRC_{Σ}) и абразивной износостойкости бейнита и перлита, полученных соответственно при 330 и 500°C, бейнит существенно (в 1.4 раза) уступает перлиту в сопротивлении адгезионному изнашиванию (рис. 3а), что связано с более грубым строением бейнита по сравнению с перлитом (рис.3).

Сверхмелкодисперсный низкотемпературный перлит, полученный при 330°C в стали У15, обладает в 1.4 раза большей интенсивностью адгезионного изнашивания и несколько пониженной абразивной износостойкостью по сравнению с перлитом, образованным при 500°C (рис. 3 б).

№ п/п	Термообработка	Характеристика стали	HRC_{Σ}	ϵ	ϵ'	$I_h, 10^{-7}$
1	1050°C → 500°C, 1 мин.	"свежий" тонкопл. перлит	38	1,8	2,7	0,3
2	закалка 810°C + отпуск 500°C, 2 ч	сорбит отпуска	37	1,5	1,9	1,2
3	1050°C → 500°C, 1 мин+ отжиг 650°C, 5 мин	тонкопластинч. перлит	28	1,6	2,1	0,9
4	1050°C → 500°C, 1 мин+ отжиг 650°C, 2 ч	сфероидизиров. перлит	22	1,5	1,8	1,6
5	1050°C → 650°C, 2 ч	грубопластинч. перлит	21	1,5	1,9	1,1
6	закалка 810°C + отпуск 600°C, 2 ч	сорбит отпуска	26	1,4	1,7	1,7

Таблица

Сравнительный анализ твердости, абразивной износостойкости (при испытании по корунду ϵ и по кремню ϵ') и интенсивности изнашивания I_h (при трении по стали X12M) стали У8 со структурами изотермического перлитного распада и высокотемпературного отпуска после закалки.

¹ Счастливцев В.М., Мирзаев Д.А., Яковлева И.Л., Окишев К.Ю., Табатчикова Т.И., Хлебникова Ю.В. Перлит в углеродистых сталях. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 311 с.

² Счастливцев В.М., Табатчикова Т.И., Макаров А.В. и др. ФММ, 1999. Т.88, № 1. С.94-103.

³ Макаров А.В., Счастливцев В.М., Табатчикова Т.И. и др. ФММ, 2004. Т. 97, № 5. С.94-105.