



УДК 669.017:621.771.785

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ТОЛСТОЛИСТОВЫХ СТАЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ ПРОЧНОСТИ



COMPARATIVE STUDY OF STRUCTURE AND PROPERTIES OF PLATE STEELS OF DIFFERENT STRENGTH CLASSES

Алимов Валерий Иванович

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры
физическое материаловедение,
Донецкий национальный
технический университет

Егоров Николай Тимофеевич

кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедры
физическое материаловедение,
Донецкий национальный
технический университет
fm@fizmet.donntu.org

Аннотация. Приведены результаты сравнительных исследований структуры и свойств толстолистовых сталей СтЗсп, 09Г2С, 17Г1С и 17Г2АФ промышленной выплавки после регламентированной прокатки. Показано, что листы из исследованных сталей различных классов прочности характеризуются наличием феррито-перлитной полосчатости, анизотропией показателей механических свойств и коррозионной стойкости. Наибольшее влияние структурная неоднородность оказывает на ударную вязкость стали, коэффициент анизотропии которой увеличивается с понижением температуры испытания.

Ключевые слова: перлит, феррит, коррозионная стойкость, анизотропия, класс прочности.

Alimov Valery Ivanovich

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor of department
physical material science,
Donetsk national technical university

Egorov Nikolai Timofeyevich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Head of department
physical material science,
Donetsk national technical university
fm@fizmet.donntu.org

Annotation. The results of comparative studies of structure and properties of heavy plate steels St3sp, 09G2S, 17G1S and 17G2AF of industrial melting after regulated rolling are presented. It is shown that sheets from the examined steels of different strength classes are characterized by the presence of ferritic-perlite strips, anisotropy of mechanical properties and corrosion resistance. The greatest structural heterogeneity affects the impact toughness of the steel, whose anisotropy coefficient increases as the test temperature decreases..

Keywords: perlite, ferrite, corrosion resistance, anisotropy, strength class.

Роль регламентированной прокатки в формировании структуры и механических свойств толстых листов является не достаточно изученной. В частности, не ясно, как обеспечить условия для формирования наиболее благоприятной аустенитной структуры перед проведением завершающего этапа регламентированной прокатки [1]. Установлено, что нередко после проведения регламентированной прокатки в отдельных участках листов формируется неоднородная структура, кроме того, по толщине листа часто наблюдается неоднородная кристаллографическая текстура и сильно выраженная феррито-перлитная полосчатость [2]. Неоднородность микроструктуры и кристаллографической текстуры в состоянии после регламентированной прокатки приводит к снижению ударной вязкости, сопротивлению металла хрупкому разрушению [3].

Целью данной работы является исследование особенностей структуры и свойств листовых сталей различных классов прочности после регламентированной прокатки.

Для исследований использовали толстолистовые стали СтЗсп, 09Г2С, 17Г1С и 17Г2АФ промышленной выплавки. Механические свойства сталей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Механические свойства толстых листов исследованных сталей после регламентированной прокатки

Марка стали	Класс прочности	Толщина листа, мм	σ_b , Н/мм ²	σ_T , Н/мм ²	δ , %	KCU при 20 °С, Дж/см ²
СтЗсп	265	16	440	265	29	70
09Г2С	325	12	520	345	29	64
17Г1С	355	10	545	370	25	40
17Г2АФ	440	8	610	450	22	44

Примечание:

Значения ударной вязкости для классов прочности 355 и 440 приведены при температуре испытания – 40 °С.



Микроструктура толстолистовых сталей после регламентируемой прокатки представляет собой феррито-карбидную смесь (рис. 1). Размер зерна феррита и доли структурных составляющих определяли по ГОСТ 5639 и ГОСТ 8233. Они изменялись для классов прочности от 265 до 440 в пределах: зерно феррита № 7–9, соотношение перлита к ферриту, соответственно, от 15/85 до 25/75 %. Характерным для исследованных сталей является наличие структурной неоднородности с выраженной полосчатостью перлита. Ширина перлитных полос в направлении толщины листа составляет 5–8 мкм. Наблюдаются также вытянутые вдоль направления прокатки зерна феррита, в которых процессы рекристаллизации пройти не успели. Степень развития структурной полосчатости обычно усиливается с понижением температуры прокатки и уменьшением толщины листа.

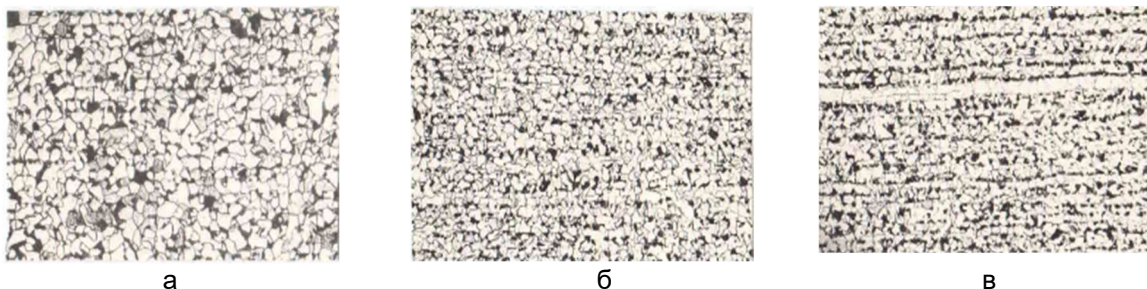


Рисунок 1 – Микроструктура листовых сталей различных классов прочности, $\times 100$. Класс прочности: а – 265; б – 325; в – 355

Структурная неоднородность по сечению листов является одной из причин анизотропии показателей механических свойств. Различие прочностных и пластических свойств листов в продольном и поперечном направлениях после регламентируемой прокатки у исследованных сталей невелико и не превышает 10–15 %. Более значительное влияние неоднородность структуры оказывает влияние на ударную вязкость сталей. Так, в частности, коэффициент анизотропии ударной вязкости листов толщиной 8 мм из стали 17Г2АФ в горячекатаном состоянии изменяется от 35 до 50 % с понижением температуры испытания от минус 20 °С до минус 80 °С. Нормализация при температуре 920 °С с удельным временем нагрева 1,2 мин/мм приводит к измельчению феррито-перлитной структуры и уменьшению полосчатости, что наряду с увеличением ударной вязкости обеспечивает снижение коэффициента анизотропии до 25–30 %.

В таблице 2 приведены данные по длительности десорбции водорода при температуре 600 °С для листов различной толщины. Видно, что время десорбции водорода с увеличением толщины листов возрастает с 0,21 до 0,54 ч. Термодифузионная обработка толстолистовых сталей, заключающаяся в замедленном охлаждении листов, после окончания регламентируемой прокатки, исключает образование флакенов, обеспечивая безопасную концентрацию водорода (менее 3,0 см³/100г), который при этом сосредотачивается, в основном, в центральной (по толщине) зоне листов [4].

Таблица 2 – Расчетное время десорбции водорода до безопасной концентрации в середине листа

Марка стали	Толщина листа, мм	Время десорбции водорода ч., при температуре 600 °С
Ст3сп	16	0,54
09Г2С	12	0,30
17Г1С	10	0,21

Исследования анизотропии коррозионной стойкости листовых сталей проводили в 2-х и 20 %-ом растворах серной кислоты на протяжении 7 недель и в течение одного часа соответственно. На рисунке 2 представлена кинетика выделения водорода в 20 %-ом растворе серной кислоты в течение часа.

Из кинетики выделения водорода видно, что толстолистовая сталь изученных классов прочности имеют пониженную стойкость (6 балл, ГОСТ 5572) к коррозионному воздействию в условиях ускоренных коррозионных испытаний [5]. Сопrotивление электрохимической коррозии сталей в продольном сечениях отличается незначительно, но с течением времени количество водорода, выделяющееся в плоскости вдоль прокатки в некоторых сталях заметно больше по отношению к плоскости поперек прокатки.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

1. Толстолистовые стали промышленной выплавки различных классов прочности, подвергаемые регламентируемой прокатке, обладают анизотропией структуры, свойств и коррозионной



стойкости, которая может оказывать значительное влияние на их служебные характеристики при работе изделий в специфических условиях эксплуатации.

2. Повышение класса прочности листов, близких по химическому составу, после регламентированной прокатки может быть достигнуто с увеличением скорости охлаждения толстолистового проката за счет уменьшения его толщины, которое приводит к повышению дисперсности структуры и большей микротвердости феррита, а также увеличению доли перлитной составляющей до 25 %. Повышение прочности достигается и при увеличении степени легирования твердого раствора, в частности микролегированием стали ванадием. При распаде аустенита легированной стали образуются более дисперсные феррито-карбидные смеси.

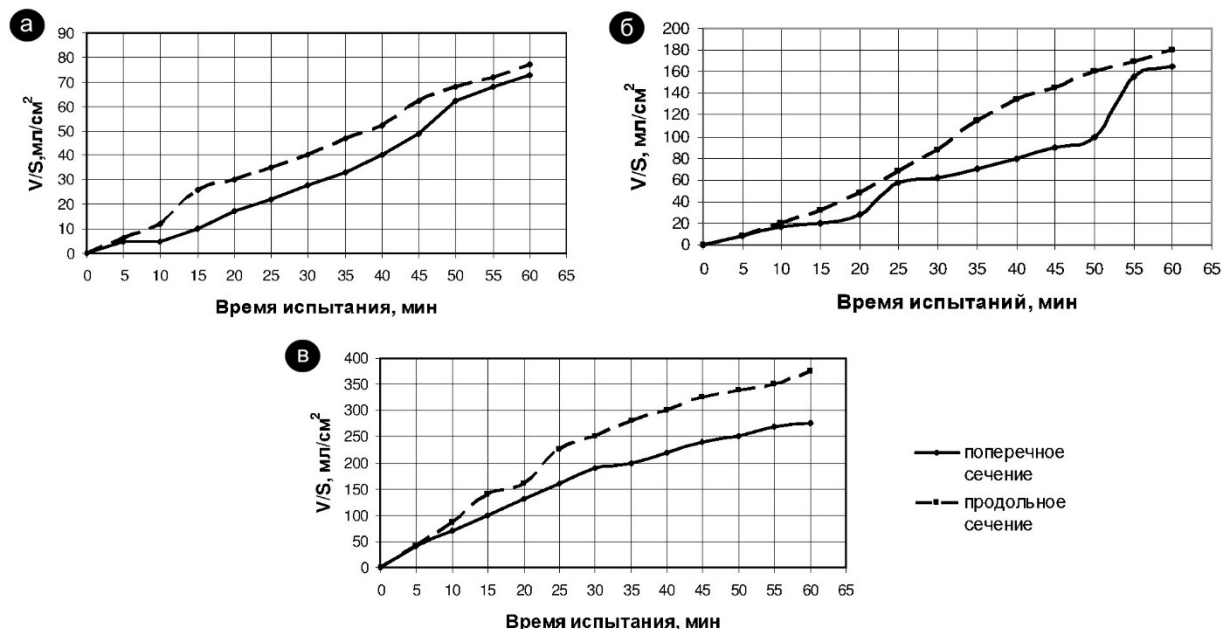


Рисунок 2 – Кинетика выделения водорода в 20 %-ом растворе серной кислоты сталей классов прочности 265(а), 325(б), 355(в).

Литература

1. Долженков Ф.Е. Повышение качества толстых листов / Ф.Е. Долженков, Ю.В. Коновалов, В.Г. Носов [и др.]. – М. : Metallurgy. 1984. – 247 с.
2. Бровман М.Я. Усовершенствованная технология прокатки толстых листов. – М. : Metallurgy, 1969. – 387 с.
3. Пемов И.Ф. Повышение механических свойств толстолистового проката в направлении толщины / И.Ф. Пемов, О.В. Носоченко // Metallurg. – 2003. – № 11. – С. 49–52.
4. Патент 18656, МПК С 21 Д 8/00 С 21 Д 1/02. Способ производства толстых листов / В.И. Алимов, Н.Т. Егоров, В.Н. Крымов, Т.А. Калугина. – Опубл. 15.11.05. – Бюл. № 11.
5. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. – М. : Metallurgy, 1986. – 472 с.

References

1. Dolzhenkov F.E. Improving the quality of the thick sheets (in Russian) / F.E. Dolzhenkov, Yu.V. Konovalov, V.G. Nosov [et al.]. – M. : Metallurgy. 1984. – 247 p.
2. Brovman M.Y. Advanced Technology of Rolling Thick Sheets. – M. : Metallurgy, 1969. – 387 p.
3. Pemov I.F. Increase of Mechanical Properties of Thick Plate Rolling / I.F. Pemov, O.V. Nosochenko // Metallurgy. – 2003. – № 11. – P. 49–52.
4. Patent 18656, МПК С 21 Д 8/00 С 21 Д 1/02. Method of thick sheets production / V.I. Alimov, N.T. Egorov, V.N. Krymov, T.A. Kalugina. – Published by 15.11.05. – Bul. № 11.
5. Zhuk N.P. Course on Theory of Corrosion and Metal Protection. – M. : Metallurgy, 1986. – 472 p.