



Научно-технологические аспекты производства катанки повышенной деформируемости из стали марок Св-08ГНМ и Св-08Г1НМА

Комплексными методами исследованы особенности микроструктуры катанки из стали марок Св-08ГНМ и Св-08Г1НМА. Характерная микроструктура исследуемой катанки состоит, в основном, из феррита, бейнито-мартенситных участков и незначительного количества перлита. Установленный факт высокого совершенства тонкой кристаллической структуры ферритной матрицы является одним из важных факторов обеспечения высокой технологической пластичности катанки в процессе ее переработки в сварочную проволоку. Ил. 3. Табл. 2. Библиогр.: 6 назв.

Ключевые слова: микроструктура, катанка сварочного назначения, свойства, технологичность при волочении

Complex methods investigated features of the microstructure of the steel rod of Sv - 08GNM and Sv-08G1NMA. The characteristic microstructure is studied rod consists essentially of ferrite, bainite, martensite, and small portions of perlite. Established fact that high perfection of the crystal structure of the thin ferrite matrix is an important factor in achieving high technological plasticity rod during its processing in the welding wire.

Keywords: microstructure, welding rod -purpose properties, processability at drawing.

Качество катанки сварочного назначения определяется широким комплексом характеристик, к которым относятся химический состав стали, макро- и микроструктура, состояние поверхности проката и т.д.

Микроструктура катанки совместно с другими показателями ее качества определяет, в конечном итоге, ее способность к волочению, а также комплекс потребительских свойств готовой проволоки. Соотношение структурных составляющих, их размер, однородность распределения по сечению катанки, а также их тонкое строение играют в этом отношении важное значение.

Ранее проведенными исследованиями [1-6] была разработана комплексная технология производства катанки из легированных сталей Св-08ГНМ и Св-08Г1НМА, которая обеспечивает способность к прямому (без предварительного и/или промежуточного умягчающего отжига) волочению готовой сварочной проволоки.

Низкие прочностные и высокие пластические свойства легированной катанки сварочного назначения, и, как следствие, ее высокая технологичность на метизном переделе, были достигнуты за счет комплекса мероприятий, включающих в себя следующее:

- оптимизацию химического состава сталей в рамках марочных требований;
- применение микролегирования стали бором;
- использование разупрочняющих режимов термомеханической обработки катанки на линии Стелмор.

Применение при производстве легированной

сварочной катанки указанного комплекса мероприятий обеспечило получение структурного состояния металла, характеризующегося повышенным количеством ферритной фазы (90-95 %) и низким количеством закалочных структур (менее 10 %). Немаловажным аспектом является обеспечение требуемой величины действительного зерна (№ 7-9) и, как следствие, уменьшение плотности дислокаций, а также количества и распределения дисперсных фаз, обусловленных микролегированием стали.

Испытания омедненной сварочной проволоки производились в условиях ОАО «Выксунский металлургический завод», ЗАО «Ижорский трубный завод» и ПАО «Харьковский трубный завод». Испытания показали высокую технологичность опытно-промышленной партии проволоки на трубосварочных станах при сварке труб класса прочности К65. Показатели механических характеристик сварных швов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Показатели механических характеристик сварных швов труб класса прочности К65

Показатель	Механические характеристики	
	σ_s , Н/мм ²	KCV ^{-40°C} , Дж/см ²
Требования НД	≥ 640	≥ 70
Фактические данные	$\frac{681-710}{692}$	$\frac{162-195}{171}$

Примечание. В числителе приведены минимальные и максимальные значения, в знаменателе – среднее

При этом необходимо отметить, что при испытаниях на растяжение (поперек сварного шва) разруше-

Таблица 2. Химический состав и механические свойства исследуемой катанки

Марка стали	Химический состав, %							Механические свойства	
	C	Mn	Si	Ni	Mo	B	N	$\sigma_{в}^*$, Н/мм ²	ψ , %
Св-08ГНМ	0,06	0,73	0,25	0,67	0,96	0,0067	0,0080	610	69
Св-08Г1НМА	0,05	1,10	0,31	0,58	0,66	0,0056	0,0070	685	73

ние происходит, в большинстве случаев, по основному металлу. Это свидетельствует о том, что металл сварного шва имеет более высокие прочностные характеристики, чем основной металл.

Омедненная сварочная проволока из стали марок Св-08ГНМ и Св-08Г1НМА, изготовленная из исследуемой катанки, аттестована российской Национальной ассоциацией контроля и сварки (НАКС).

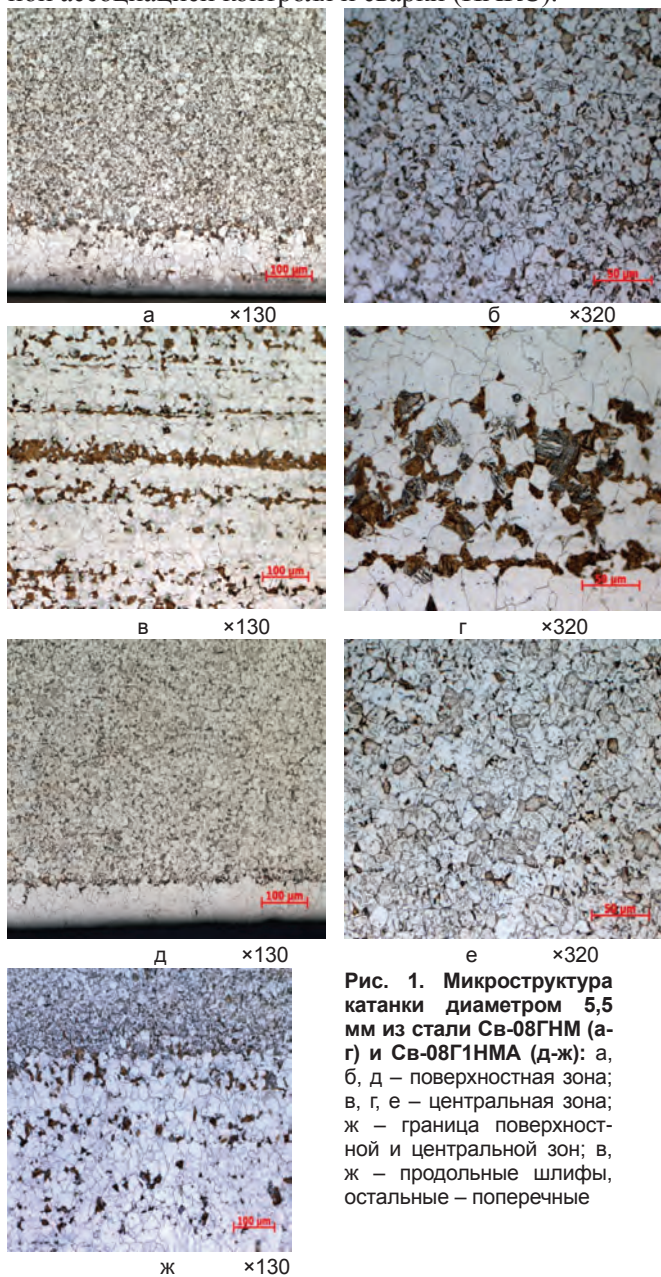


Рис. 1. Микроструктура катанки диаметром 5,5 мм из стали Св-08ГНМ (а-г) и Св-08Г1НМА (д-ж): а, б, д – поверхностная зона; в, г, е – центральная зона; ж – граница поверхностной и центральной зон; в, ж – продольные шлифы, остальные – поперечные

В связи с этим представляло интерес провести исследование и анализ тонкой структуры катанки из стали марок Св-08ГНМ и Св-08Г1НМА, изготовлен-

ной по разработанной технологии. Химический состав и механические характеристики катанки диаметром 5,5 мм из стали марок Св-08ГНМ и Св-08Г1НМА представлены в табл. 2.

Микроструктуру катанки изучали с помощью современных светового (Axiovert 200M MAT) и растровых электронных (Karl Zeiss EVO-60 и Teskan TS 5130 MM) микроскопов,

а также просвечивающего электронного микроскопа УЭМВ-100К (анализ фольг из исследуемой катанки на просвечивающем электронном микроскопе)¹.

Проведенный анализ показал, что катанка из стали марок Св-08ГНМ и Св-08Г1НМА характеризуется выраженным разнообразием структуры. Характерная микроструктура исследуемой катанки состоит, в основном, из феррита, бейнито-мартенситных участков и незначительного количества перлита (рис. 1).

Для катанки из обеих марок стали (рис. 1а, д) характерно наличие тонкого ферритного слоя на поверхности. Глубина этого слоя составляет 0,10-0,12 и 0,06-0,08 мм для марок Св-08ГНМ и Св-08Г1НМА, соответственно.

Особенностью микроструктуры исследуемых сталей является наличие вытянутых вдоль оси катанки ферритных полос, более выраженных для стали Св-08Г1НМА (рис. 1в, ж). Наблюдаемые в структуре катанки из исследуемых сталей ферритные полосы могут возникать в результате микроликвации химических элементов, входящих в их состав. Проведенные на микроскопе «МС-46 Камека» микронзондовые исследования показали, что для обеих сталей распределение Mn, Si, Ni и Mo по сечению катанки, включая ферритные полосы и феррито-бейнито-мартенситные участки, практически равномерное. Следовательно, наблюдаемая особенность структуры катанки из исследуемых сталей обусловлена, в основном, неравномерным распределением углерода вследствие его микроликвации при дендритной кристаллизации стали.

Более мелкозернистая структура, определяющая повышенные показатели прочности при том же уровне пластичности, наблюдается в катанке из стали Св-08Г1НМА (рис. 1 д-ж). Размер ферритного зерна поверхностной зоны катанки Св-08ГНМ составляет 9,0-15,6 мкм (№ 9-10 по ГОСТ 5639-82), а для средней зоны – 18,5-25,0 мкм (№ 7-8). Аналогичные показатели для катанки из стали марки Св-08Г1НМА составляют 6,0-10,0 мкм (№ 10-11) и 9,0-12,0 мкм (№ 9-10), соответственно.

Электронная микроскопия фольг, полученных из катанки исследуемых сталей, позволила выявить особенности их тонкой структуры.

Установлено, что феррит в катанке из стали Св-08ГНМ низкодислокационный – на соответствующей микрофотографии (рис. 2а) наряду со скоплениями дислокаций незначительной плотности отчетливо просматриваются отдельные дислокации.

При анализе микроснимков бейнитной структуры этой стали различаются широкие пластины α -фазы тол-

¹В работе принимали участие А.М. Нестеренко и С.Ю. Жукова

щиной 0,2-0,4; 0,5-0,6 и 0,7-0,9 мкм нижнего (с микро-выделениями цементита внутри пластин – рис. 2б, в) и

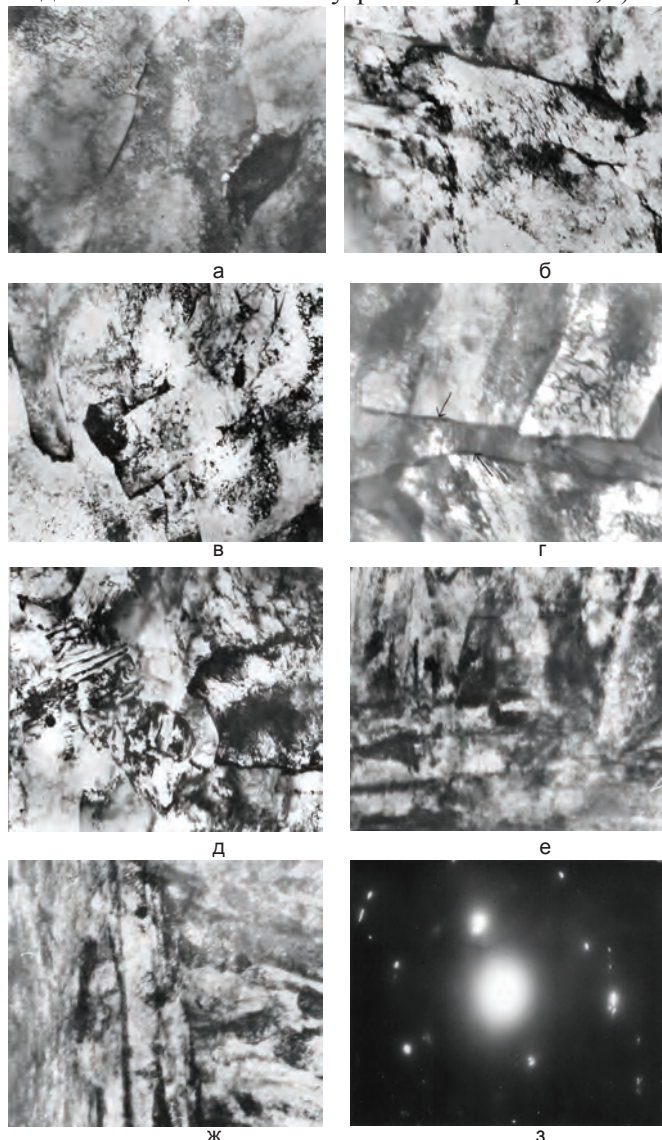


Рис. 2. Трансмиссионная электронная микроскопия катанки из стали Св-08ГНМ: а-д – $\times 25000$; е-ж – $\times 20000$

верхнего (с выделениями цементита в виде микрополос по границам пластин – показано стрелками на рис. 2г) бейнита. Следует отметить, что примыкающие к горизонтально расположенной пластине α -фазы верхнего бейнита на рис. 2г другие пластины α -фазы представляют собой, в основном, нижний бейнит. Это свидетельствует, с одной стороны, о выраженном микронеравномерном распределении углерода, а с другой – о неравновесных условиях $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения. Микроучастки бейнита зачастую соседствуют с микроучастками перлита (рис. 2д). Объемная доля перлита в структуре стали незначительна (до 10 %).

Мартенситные пластины в стали Св-08ГНМ толщиной 0,2-0,8 мкм имеют размытые границы и насыщены дислокациями (рис. 2е, ж). Микроэлектронограмма одного из участков мартенсита (рис. 2е) показывает наличие дробных расщепленных рефлексов (рис. 2з). Это является свидетельством значительной разориентации соседствующих мартенситных пла-

стин, которая обусловлена неравновесными условиями их формирования при распаде аустенита.

В катанке из стали Св-08Г1НМА границы зерен феррита (рис. 3а) более обособлены (насыщены дислокациями), чем в катанке из стали Св-08ГНМ (рис. 2а). В катанке из стали Св-08Г1НМА более высокой является и внутризеренная плотность дислокаций. Широкие пластины α -фазы бейнита и мартенсита (показано стрелками на рис. 3б) в катанке из этой стали наблюдаются редко. Для нее характерно наличие мартенсита в виде насыщенных дислокациями пластин-игл толщиной 0,15-0,60 мкм (рис. 3в-е). Анализ микроэлектронограмм (рис. 3ж) от представленной на рис. 3з совокупности мартенситных кристаллов свидетельствует об имеющей место выраженной разориентировке пластин α -фазы.

Тонкодифференцированный перлит в катанке из стали Св-08Г1НМА наблюдается в виде микроучастков, соседствующих чаще всего с микроучастками мартенсита (рис. 3з – микроучасток мартенсита указан стрелкой).

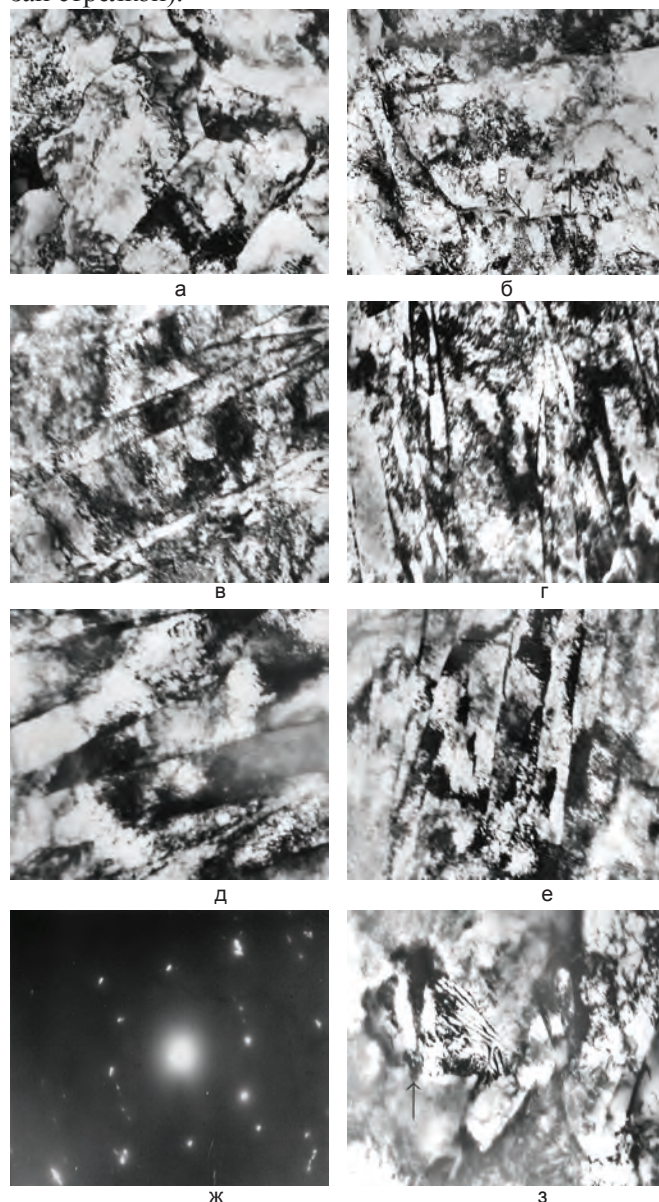


Рис. 3. Трансмиссионная электронная микроскопия катанки из стали Св-08Г1НМА: а-г, з – $\times 20000$; д – $\times 25000$

Полученные для катанки из стали Св-08Г1НМА данные также свидетельствуют о неравновесных условиях $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения.

Выводы

1. Разработана комплексная технология производства катанки из легированных сталей Св-08ГНМ и Св-08Г1НМА, которая обеспечивает прямое волочение сварочной проволоки для труб нефтегазового сортамента класса прочности К65.

2. Нижние значения показателей механических характеристик сварных швов труб класса К65 превышает нормативные требования по σ_b на 41 Н/мм², а по КСV^{40°C} в 2,3 раза.

3. Показано, что микроструктура катанки прямого волочения из сталей Св-08ГНМ и Св-08Г1НМА состоит, в основном, из феррита, бейнито-мартенситных участков и незначительного количества перлита. Наблюдаются вытянутые вдоль оси катанки ферритные полосы, образование которых обусловлено, в основном, ликвацией углерода.

4. Выраженное перераспределение Mn, Si, Ni и Mo между полосами феррита и основной структурой в исследованных образцах катанки не выявлено.

5. Для катанки из стали Св-08ГНМ в составе бейнито-мартенситных участков преобладает бейнитная составляющая в виде нижнего и верхнего бейнита, а для катанки из стали Св-08Г1НМА – пластинчатый (реечный) мартенсит.

6. Установленный факт высокого совершенства тонкой кристаллической структуры феррита – основной фазы катанки из стали Св-08ГНМ и Св-08Г1НМА, является одним из важных факторов обеспечения прямого волочения сварочной проволоки.

Библиографический список

1. Освоение технологии производства катанки из стали Св-08ГНМ на Молдавском металлургическом заводе / И.Н. Чуйко, В.В. Парусов, О.В. Парусов и др. // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. научн. труд. Вып. 41, ч. 2. – Днепропетровск: ПГАСА, 2007. – С. 129–134.

2. Разработка селективных требований к химическому составу и режимам термомеханической обработки катанки / В.В. Парусов, И.Н. Чуйко, О.В. Парусов и др. // Металлург. и горноруд. пром-сть. – 2007. – № 6. – С. 70–72.

3. Кинетика фазовых превращений в катанке из непрерывнолитой электростали Св-08ГНМ при непрерывном охлаждении / В.В. Парусов, И.Н. Чуйко, М.Ф. Евсюков и др. // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. научн. тр. ИЧМ. Днепропетровск: «Візіон». – 2007. – Вып. 14. – С. 228–234.

4. Структурообразование в катанке из легированных сталей сварочного назначения / В.В. Парусов, И.Н. Чуйко, О.В. Парусов и др. // Металлург. и горноруд. пром-сть. – 2008. – № 6. – С. 47–49.

5. Влияние химического состава на структуру, свойства и технологическую пластичность катанки сварочного назначения из стали Св-08ГНМ / В.В. Парусов, А.Б. Сычков, И.Н. Чуйко и др. // Теория и практика металлургии. – 2009. – № 1–2. – С. 98–102.

6. Структура и свойства катанки для изготовления электродов и сварочной проволоки / А.Б. Сычков, В.В. Парусов, А.М. Нестеренко и др. – Бендеры: Полиграфист, 2009. – 608 с.

Поступила 11.09.2013

УДК 669.046.558

Производство

Маркова І.А. /к.т.н./, Івченко Т.І. /к.т.н./, Татарко Ю.В., Полішко С.О. /к.т.н./
ДНУ ім О. Гончара

Дослідження стабільності хімічного складу та механічних властивостей сталей масового виробництва

Викладені результати дослідження ступеню стабільності хімічного складу і механічних властивостей серійних сталей 7 марок конвертерного, мартенівського і електросталеплавильного способів виробництва. Іл. 4. Табл. 2. Бібліогр.: 6 назв.

Ключевые слова: стабільність, хімічний склад, механічні властивості, модифікування, комплексні модифікатори

The results of research of degree of stability of chemical composition and mechanical properties of 7 serial steels were expounded brands of converter, martin and electro-steel-melting methods of production.

Keywords: stability, chemical composition, mechanical properties, modification complex modifiers

Сучасні сталі і сплави є багатокомпонентними системами зі значним розкидом складу як між плавками, так і в межах однієї плавки (не виходячи за границі нормативної документації), що призводить до

нестабільності механічних властивостей і не прогнозованого зниження експлуатаційних характеристик. Проблема стабілізації складу і властивостей залишається актуальною, незважаючи на використання тех-

© Маркова І.А., Івченко Т.І., Татарко Ю.В., Полішко С.О., 2013 г.