

The received steel has the increased and stable impact elasticity, good weldability and can be recommended for production of moulded pieces of specially critical assignment, being exploited in conditions of heavy loading at high impact and cyclic loads.

В. М. ГАЦУРО, РУП завод «МОГИЛЕВЛИФТМАШ»

УДК 621.74

ПОЛУЧЕНИЕ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ 15НМФЛ НА ОСНОВЕ РЕЦИКЛИНГА БРОНЕВОГО ЛОМА

Снижение массы карьерных самосвалов при сохранении и увеличении заданных уровней их надежности и долговечности является одним из основных технических направлений повышения конкурентоспособности машин, так как при этом увеличивается их производительность и снижается себестоимость перевозок.

Рыночные отношения внесли особенности в программу поддержания конкурентоспособности карьерных самосвалов. Приоритеты были отданы себестоимости перевозки 1ткм груза. При современных тенденциях развития карьерного транспорта снижение себестоимости транспортировки сопровождается ростом грузоподъемности машин и их надежности, увеличением пробега до 600 тыс. км, уменьшением их начальной цены, исключением капитальных ремонтов. Значительные пробеги и сроки эксплуатации (часто при низких климатических температурах) вносят свои особенности в конструирование и производство деталей, способных обеспечить работоспособность и надежность при циклических, ударных нагрузках, многоциклового усталости (более 10^7 циклов) и ударно-абразивном износе [1].

Учесть и тем более управлять всем многообразием факторов, определяющих несущую способность и массу крупногабаритных деталей, чрезвычайно сложно. Это в первую очередь касается толстостенных несущих отливок массой до 3 т, литосварных конструкций.

Снижение массы наиболее металлоемких ответственных деталей и конструкций возможно в первую очередь за счет достижения равнонапряженности несущих элементов и химической однородности стали, поэтому и возникла потребность в применении для высоконагруженных элементов конструкций автосамосвалов высококачественных сталей. К высококачественным сталям относят стали с низким содержанием серы (<0,05%), фосфора (<0,04%), кислорода и других вредных примесей. Эти стали обычно содержат различные легирующие элементы (хром, никель, вольфрам,

молибден, титан, ванадий и др.), которые придают металлу особые физические и разнообразные механические свойства [2]. Получение конкурентоспособной продукции предполагает ужесточение требований к технологическим процессам и материалам, используемым при ее изготовлении. Применяемые в настоящее время материалы часто не обеспечивают требуемых свойств по качеству, кроме того, для их изготовления используют дорогостоящие легирующие компоненты, что в свою очередь сказывается на стоимости изготавливаемых изделий. Разработка новых материалов на основе не столь дорогих и дефицитных компонентов позволит снизить расход легирующих элементов и соответственно потребность экспорта их в республику.

Комплексная задача получения отливок и литосварных несущих конструкций повышенной равнопрочности для самосвалов особо большой грузоподъемности решена за счет разработки и освоения в литейном и машиностроительном производствах новой низколегированной литейной стали 15НМФЛ, которая создана с учетом требований к отливкам деталей карьерных самосвалов, способных обеспечить работоспособность и надежность при циклических и ударных нагрузках, многоциклового усталости.

Химический состав разработанной стали приведен ниже.

Элемент	C	Mn	Si	Ni	Mo	Cr	V	Cu	S	P
Содержание	0,12-0,18	0,4-0,6	0,17-0,37	0,7-1,1	0,1-0,2	0,2-0,5	0,05-0,07	До 0,3	0,03-0,05	0,03-0,05

Выбор оптимального соотношения компонентов в сплаве наиболее полно отвечает комплексу литейных свойств и положительно влияет на качество отливок. Для управления формированием хорошей первичной литой структуры стали при кристаллизации и затвердевании в форме, а также при термической обработке (ТО) в состав введен дополнительный модификатор V.

Научно обоснованный состав нового материала и освоение его производства на МоАЗ позволили впервые получить по чертежам ПО «БелАЗ» не только сложные по форме, но и лишённые механических концентраторов отливки свойства материала, которые не ниже свойств проката,

используемого при производстве рамы и деталей передней оси.

Режимы термической обработки и результаты исследований низкоуглеродистой конструкционной стали 15НМФЛ приведены в таблице.

Деталь	Вид термообработки	Механические свойства							Микроструктура
		σ_b , МПа	σ_t , МПа	δ , %	Ψ , %	KCU, Дж/см ² , при $t=+20^\circ\text{C}$	KCU, Дж/см ² , при $t=-40^\circ\text{C}$	Твёрдость НВ	
7513-2801380 «опора»	Режим МоАЗ (нормализационный отжиг I зона – 850–940 °С, $\tau=2$ ч, II зона – 920–970 °С, $\tau=2$ ч, III зона – 600–700 °С, $\tau=2$ ч, охлаждение на воздухе)	493	310	25,4	59,9	–120	–99,2	163	Феррит и перлит тонкопластинчатый, окаймляющий колонии ферритных зерен. Размер колоний 90–150 мкм (№3–4 ГОСТ 5639-82). Размер зерен 16–20 мкм (№ 8–9 ГОСТ 5639-82), рис. 1, а
	ЦЗЛ ПО «БелАЗ» (нормализация $t_n=880$ °С + отпуск, $t_0=620$ °С, $\tau=3$ ч, охлаждение на воздухе)	515–571	336–397	26,5	59,2	–154,3	–83,3	182	Феррит и перлит сорбитообразный, окаймляющий колонии ферритных зерен. Размер колоний 16 мкм (№9 ГОСТ 5639-82). Размер зерен 5–8 мкм (№11–12 ГОСТ 5639-82), рис. 1, б
	ЦЗЛ ПО «БелАЗ» (нормализационный отжиг + закалка на масло $t_3=880$ °С + отпуск, $t_0=620$ °С, $\tau=3$ ч, охлаждение на воздухе)	856,2	684	23,4	63,5	–96,7	–	217	Сорбитизированный перлит и включения феррита. Размер зерна ≈ 5 мкм (№2 ГОСТ 5639-82), рис. 1, в

Особо следует отметить высокие значения ударной вязкости материала при отрицательной температуре. Это позволило впервые в практике производства карьерных самосвалов получать отливки в соответствии с требованиями третьей группы по ГОСТ 5639-82.

Высокий уровень полученных свойств стали как в части повышения сопротивления усталости, так и охрупчивания следует отнести за счет реализации целенаправленных мероприятий по формированию границ зерен первичного аустенита, измельчению действительного зерна, а также по существенному снижению склонности нового материала к МЛПД. После стандартной термообработки (нормализация и

последующий высокий отпуск) в новом материале стабильно формируется структура, в которой колонии ферритных зерен окаймлены перлитом (рис. 1), располагающимся в зоне границы первичного аустенитного зерна. Отличие строения стали 15НМФЛ от серийной стали 35Л состоит прежде всего в том, что в отливках из стали 35Л (после той же термообработки) границы первичных аустенитных зерен обычно состоят из феррита с концентрацией в нем сульфидов. Размер аустенитного зерна у стали 35Л не превышает №2 по ГОСТ 5639-82, в то время как в таких же деталях из стали 15НМФЛ размер зерна обычно равен №3–4, достигая №5.

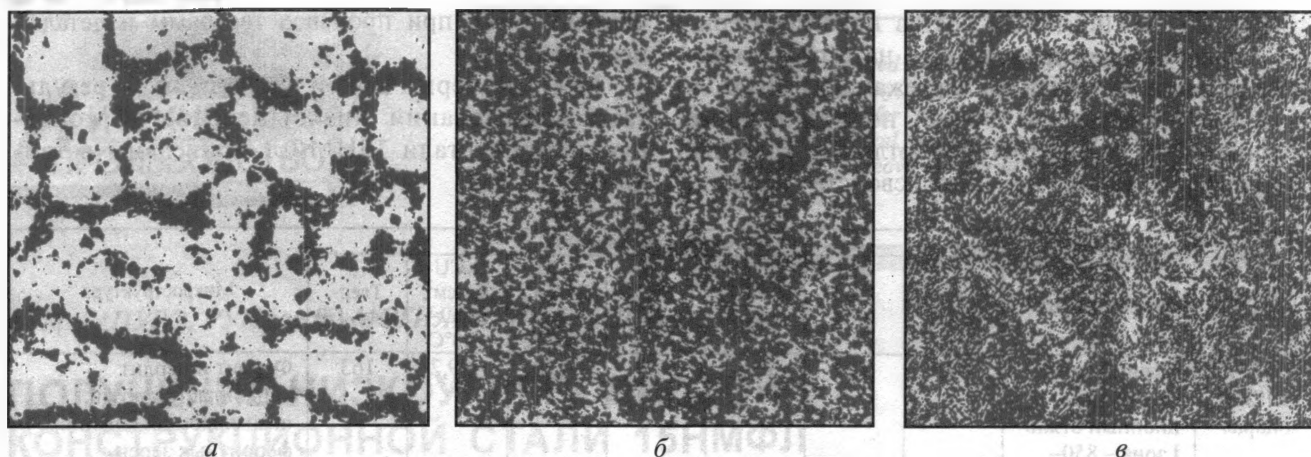
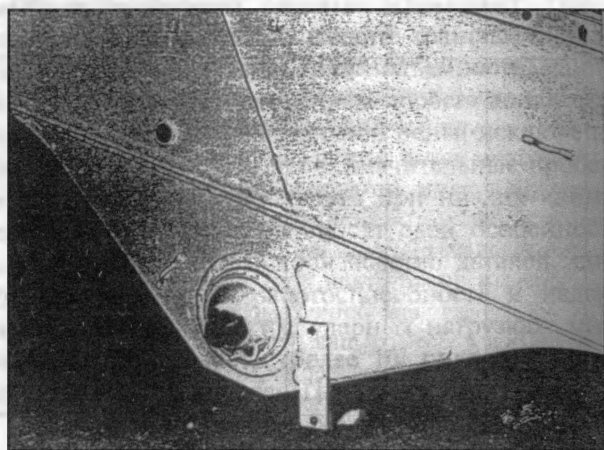


Рис. 1. Микроструктура низкоуглеродистой конструкционной стали 15НМФЛ: *а* – нормализационный отжиг; *б* – нормализация + отпуск; *в* – закалка на масло + отпуск

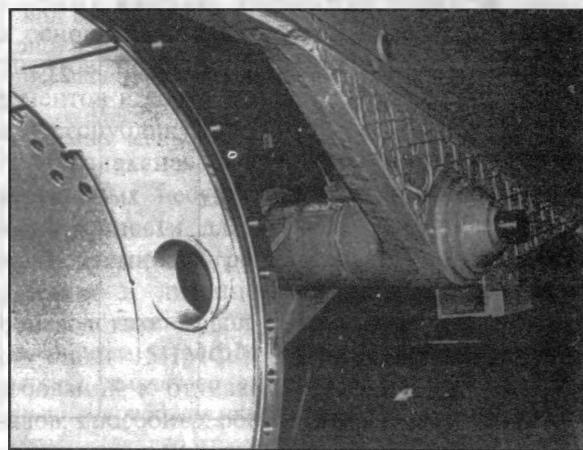
Приведенные результаты подтвердили правильность выдвинутой гипотезы получения мелкодисперсной структуры при кристаллизации за счет выбора ее химического состава. Действительный размер зерна при этом достигается с наименьшими энергозатратами. Особо следует отметить полезное влияние модифицирования. Сталь, содержащая ванадий (до 0,07%) и дополнительно легированная никелем (до 1%) и молибденом (до 0,12%), позволяет достичь действительных разме-

ров зерен 2,7–5,6 мкм, оцениваемых №12–14 по ГОСТ 5639-82. Это представляет ценность для корпусных отливок.

Новый конструкционный материал использован для создания крупногабаритной несущей отливки рамы автосамосвала БелАЗ-7513 (130 т). В данном случае литая деталь, практически не имеющая концентраторов напряжений, позволила заменить сложную сварную конструкцию, лимитирующую долговечность рамы (рис. 2).



а



б

Рис. 2. Рама автосамосвала БелАЗ-7513 грузоподъемностью 130 т: *а* – деталь 7513-2801380 «опора» сварная конструкция; *б* – деталь 7513-2801380 «опора» литая

Несмотря на меньшие линейные размеры литой детали, принятое изменение конструкции позволило решить задачу резкого увеличения долговечности рассматриваемого типового узла рамы при обеспечении пробега самосвала до 600 тыс. км. Основой этого является высокий предел выносливости новой стали при знакопеременной нагрузке, равной 360 МПа.

Литература

1. Мариев П.Л. Повышение конструкционной равнопрочности крупногабаритных деталей и сварных узлов карьерных самосвалов. Мн.: Ин-т надежности машин НАН Беларуси, 2001.
2. Арсентьев П.П., Яковлев В.В., Крашениников М.Г и др. Общая металлургия. М.: Металлургия, 1986.