

И.Г.Узлов, А.И. Бабаченко

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ.

Показано, что применение температуры отпуска 500⁰С при производстве железнодорожных колес повышенной прочности по ТУ У 27.1-4571-2004 обеспечивает более низкий уровень остаточных напряжений во всех элементах колеса.

Современное состояние вопроса.

Конструктивная прочность железнодорожных колес, их надежность в эксплуатации определяется не только уровнем их служебных свойств, но и величиной остаточных напряжений, которые возникают в колесах при их термической обработке, и распределением этих напряжений по отдельным элементам колеса [1]. В соответствии с требованиями как отечественных, так и зарубежных стандартов для оценки напряженного состояния железнодорожных колес применяется метод оценки сходимости обода колеса после его радиальной разрезки. Вместе с тем наряду с радиальной разрезкой колес во многих странах применяется другой метод оценки напряженного состояния – тензометрические измерения после разрезки колеса на отдельные части.

В данной работе были проведены исследования напряженного состояния высокопрочных колес Ø957 мм производства ОАО НТЗ (230 – 340НВ). Исследования проводились двумя методами: электротензометрическим методом с помощью тензорезисторов сопротивления (по стандарту S-626) и определением сходимости обода после радиальной разрезки колеса (по ГОСТ 10791-89) Измерения сходимости проводились на базе 100 мм.

Цель работы.

Целью данной работы было оценка уровня остаточных напряжений в высокопрочных колесах Ø957 (ТУ У 27.1-4571-2004) в сравнении с колесами обычного уровня твердости (ГОСТ 10791-89), а также выбор оптимальной температуры отпуска высокопрочных колес, которая бы обеспечила в них минимальный уровень остаточных напряжений.

Методика исследования.

Для выполнения этой задачи от плавки №21450 были отобраны шесть высокопрочных колес, три из которых были отпущены при температуре 450⁰С (№ 322819, 322879, 322911), и три колеса при температуре 500⁰С (№322867, 322914, 322775). Для сравнения уровня остаточных напряжений были отобраны три колеса Ø957 мм (плавки №42468, колеса №364474, 464341 364419) текущего производства ОАО НТЗ.

Для определения остаточных напряжений использовался электротензометрический метод, суть которого заключается в наклейке тензорезисторов в определенных местах колеса и последующего измерения деформаций в этих точках, которые возникают при разрезки колеса на отдельные элементы (в частности, при вырезке квадратов размером $\sim 65 \times 65$ мм). Для исследований напряжений тензометрическим методом применялись тензорезисторы типа 2–ПКБ с базой 10 мм и сопротивлением 200 Ом. Их включение производилось по схеме полумоста с одним компенсатором. Тензорезисторы были наклеены в трех направлениях (радиальном, тангенциальном и под углом 45° между собой) на поверхности катания колеса, в месте перехода обода в диск (внутренняя сторона) и диска в ступицу (наружная сторона). Поверхность колеса, на которую наклеивались тензорезисторы, зачищалась наждачным кругом, а затем крупной и мелкой шкуркой. Для разрезки колеса на отдельные элементы (разгрузки колеса от остаточных напряжений) применялась пила типа «Super 520S», на которой производилась вырезка радиального темплета, а также ленточная пила типа «Sirius» (разрезка темплета на отдельные элементы).

Измерения остаточной деформации проводились с помощью автоматического электронного измерителя деформации для полных тензометрических мостов и полумостов АИД – 4. До начала разрезки колеса снимались начальные показания для каждого тензорезистора по шкале прибора в относительных единицах деформации. После разрезки колеса определялись конечные значения указанной характеристики также в относительных единицах. Разность между начальным и конечным значением конкретного тензорезистора представляла собой остаточную деформацию в данной точке и в данном направлении.

Для перехода от относительных единиц измерения деформации к абсолютным проводили тарировку измерительного прибора с использованием тарировочного устройства Т12. Устройство представляет собой специальную стальную балочку, на которой наклеены тензорезисторы того же типа, которые применяются для измерений. Из паспортных данных тарировочного устройства известно, что прогиб эталонной балочки в 1 мм приводит к возникновению в ней напряжений, равных $12,6 \text{ кг/мм}^2$.

Изложение основных материалов исследования.

Результаты измерений остаточных напряжений представлены в таблице. Результаты сравнительных исследований показали, что уровень остаточных напряжений в высокопрочных колесах после отпуска 500°C и колес, произведенных по существующей технологии, отличается незначительно. Об этом также свидетельствует и уровень сходимости обода после радиальной разрезки, средние значения которой равно 3,6 и 3,4 мм соответственно для высокопрочных колес и колес, изготовленных по существующей технологии.

Таблица. Остаточные напряжения в различных элементах железнодорожных колес. (кг/мм²).

Номер колеса	Темпер. отпуска, °С	Поверхность катания		Переход обод – диск		Переход диск – ступица		Сходим. мм	
		Рад	Танген.	Рад.	Танген.	Рад.	Танген.		
322819	450	6,4	-10	32,4	17,8	37,8	10,4	4,5	
322879		- 1,6	-22,6	16,8	12,8	25,8	7,6	4,9	
322911		1,2	-11,2	16	27	25,6	5,4		
Среднее		2	-14,6	21,7	19,2	29,7	7,8	4,7	
322867	500	- 0,2	-10	7,8	9,2	14	4,8	3,1	
322914		- 0,8	-12	7,8	11	20,4	12,2	3,3	
322775		6,4	-10,2	24,2	14,8	21,2	7,8	4,4	
Среднее		1,8	-10,7	13,3	11,7	18,5	8,3	3,6	
364474	Сущест. технолог.	Измерения не проводились							
364341		9,4	-7,8	16,8	9	21,2	6	3,4	
364419		16	-8,6	14,2	8,2	16	7,4	3,4	
Среднее		12,7	-8,2	15,5	8,6	18,6	6,7	3,4	

Примечание: знак «-» означает сжимающие напряжения

Исследования влияния температуры отпуска на уровень остаточных напряжений в высокопрочных колесах показали, что снижение температуры отпуска с 500⁰С до 450⁰С ведет к значительному повышению уровня остаточных напряжений во всех элементах колеса. Так, уровень тангенциальных сжимающих напряжений на поверхности катания возрастает от 10,7 до 14,6 кг/мм² т.е почти на 40%. Еще в большей степени повышается уровень растягивающих напряжений на переходе обода в диск и диска в ступицу (соответственно от 13,3 до 21,7 и от 18,5 до 29,7 кг/мм²). Измерения сходимости показали, что при снижении температуры отпуска эта характеристика повышается от 3,6 до 4,7мм.

Выводы.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

При производстве железнодорожных колес повышенной прочности по ТУ У 27.1-4571-2004, рекомендуется применять температуру отпуска 500⁰С, которая обеспечивает более низкий уровень остаточных напряжений во всех элементах колеса.

Уровень напряженного состояния высокопрочных колес Ø957 мм, производимых по ТУ У 27.1-4571-2004, после прерванного охлаждения с

последующим отпуском 500°C незначительно отличается от напряженного состояния колес текущего производства ОАО НТЗ аналогичных геометрических размеров, производимых по ГОСТ 10791–89.

1. Колесная сталь. / И.Г.Узлов, М.И.Гасик, А.Т.Есаулов, и др. – К. Техніка, 1985. – 168с.

Статья рекомендована к печати д.т.н., проф. Э.В.Приходько