

Целесообразность применения высококачественных материалов при изготовлении метизов для подвижного состава



В. Н. Кротов,
канд. техн. наук, доцент
кафедры «Технология
металлов» Ростовского
государственного
университета путей
сообщения (РГУПС),



Л. А. Кармазина,
канд. техн. наук, доцент
кафедры «Технология
металлов» РГУПС

В вопросах безопасности движения поездов особое значение имеют материалы, из которых изготавливаются элементы ходовых частей подвижного состава. Исследования показывают, что в данной области необходима дополнительная разработка и принятие нормативных документов, регламентирующих качество металлов при изготовлении соответствующих изделий.

Плохих материалов не бывает, но бывают плохие инженеры, применяющие не те материалы, которые следовало бы использовать в конкретных условиях эксплуатации. На транспорте в целом, и у подвижного состава железных дорог в частности, эти условия специфичны [1]. Это и циклические знакопеременные нагрузки, и температурные перепады, и работа узлов в условиях изнашивания различных типов (от усталостного и коррозионно-механического до изнашивания при заедании). Поэтому при выборе материала в первую очередь требуется полная и всесторонняя оценка условий работы детали или конструкции, величины и характера действующих напряжений.

Следствием неправильного выбора материалов является плохое качество конструкций, машин и оборудования. Если речь идет об ответственных спе-

цифических деталях, таких как колеса, колесные центры, детали автосцепных устройств или тележек, то здесь все в порядке [2, 3]. Есть ГОСТы, определяющие, из каких материалов требуется эти детали изготавливать, как их обрабатывать, упрочнять и т. д. Например, в ГОСТ 33200-2014 «Оси колесных пар железнодорожного подвижного состава. Общие технические условия» описана не только максимальная расчетная осевая нагрузка, конструкция и размеры, но и технические требования к заготовкам для изготовления черновых осей, методам их изготовления и термической обработки, а также к механическим свойствам материала, его составу и даже микроструктуре.

Если речь идет о различных метизах, то картина другая: стандарты и иные нормативные документы обычно не регламентируют ни марку материала, ни его механические свойства, состав или микроструктуру. В качестве примера можно привести винты крепления строб-диска противоюзной системы ОДМ-3 «БАРС».

На железных дорогах периодически фиксируются случаи отцепки пассажирских вагонов, в том числе и с задержкой поездов. Причиной этому служат разрушения буксового узла вследствие выхода из строя противоюзного устройства (разрушение строб-диска). Основными задачами противоюзного устройства пассажирского вагона являются предотвращение юза и исключение блокировки колесных пар при торможении. Важность надежной работы такого устройства, как и тормозной системы в целом, сложно переоценить [4–6].



Рис. 1. Внешний вид фрагментов разрушенной противоюзной системы (случай 1)



Рис. 2. Внешний вид фрагментов разрушенной противоюзной системы (случай 2)



Рис. 3. Фрагменты двух крепежных винтов М6

Рассмотрим два характерных случая разрушения строб-диска. В первом случае произошло разрушение буксового узла с наличием стружки в полости крепежной крышки, деформации (выработки) и сквозной трещины по центру смотровой крышки, разгибания двух лепестков стопорной шайбы болтов торцевого крепления, частичного стачивания граней трех болтов торцевого крепления (рис. 1).

Анализ картины разрушения выявил, что вкладыш крепежной крышки имеет следы значительного пластического деформирования, а также выбоины и наминаы металла по посадочному месту бобышки, резьба разрушена на 25%. Разрушена и внутренняя резьба под винты М6. Следы коррозионных или коррозионно-механических повреждений отсутствуют.

Винты имеют цилиндрическую головку, резьба нарезана на всю длину стержня, установить длину винтов по имеющимся фрагментам не представляется возможным.

Во втором случае также имеется разрушение буксового узла. Вкладыш крепежной крышки и фрагменты бобышки имеют следы значительного пластического деформирования, выбоины и наминаы металла. Следы коррозионных или коррозионно-механических повреждений отсутствуют. Фрагменты разрушенных элементов представлены на рис. 2.

Винт имеет цилиндрическую головку, резьба нарезана на всю длину стержня. Установить длину винта по имеющимся фрагментам не представляется возможным. Следы коррозионных или коррозионно-механических повреждений отсутствуют. На стержне винта имеются следы пластической деформации витков резьбы, на торцевой поверхности

фрагмента стержня — излом вязкого характера со следами забоя.

В обоих случаях винты креплений строб-дисков подвергнуты дальнейшему анализу. Нашей задачей являлось проведение комплексных исследований, включающих макроструктурный и микроструктурный анализ, определение химического состава, а также механические испытания винтов М6–6gx35–28.48.016 креплений строб-дисков противоюзных устройств для выявления целесообразности применения высококачественных материалов при изготовлении метизов для подвижного состава. Рассматриваемые винты выполнены по ГОСТ 17473-80 «Винты с полукруглой головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры».

Место излома винтов исследовано при 30-кратном увеличении. Наблюдаются признаки незначительной пластической деформации в зоне обрыва, такие как остаточное удлинение и сужение поперечного сечения, место обрыва представляет собой скол половины сечения, распространяющийся под углом, близким к 45°. Поверхность излома отличается некоторой чешуйчатостью. Трещин в примыкающих слоях материала обнаружено не было. Фрагменты разрушенных винтов (головки с частью стержня) представлены на рис. 3.

Микроструктурный анализ при увеличении $\times 450$ выявил на нетравленном микрошлифе незначительное присутствие неметаллических включений. Анализ микрошлифа после травления показал, что структура материала — ферритоперлитная со значительным преобладанием феррита. Такая структура характерна для низкоуглеродистых сталей (рис. 4).

Низкоуглеродистые стали являются наиболее распространенным видом сталей в транспортном машиностроении вообще, и в вагоностроении в частности. Это объясняется в первую очередь относительно низкой стоимостью такой продукции. При этом низкоуглеродистая сталь, содержащая приблизительно 0,05–0,25% углерода, весьма технологична. Она хорошо обрабатывается давлением и резанием, обладает (в зависимости от химического состава) свариваемостью от удовлетворительной до хорошей и высоким комплексом литейных свойств.

При очень малом содержании углерода (0,05–0,15%) из-за большого количества феррита стали очень пластичны, хорошо обрабатываются давлением даже в холодном состоянии, прокатываются, штампуются с глубокой вытяжкой, но непрочны. Из них целесообразно изготавливать только малонагруженные детали высокой пластичности.

С увеличением концентрации углерода до 0,15–0,25% возрастает содержание перлита, поэтому прочность становится выше при довольно высокой пластичности, вязкости и хорошей свариваемости. Эти стали не поддаются закалке, твердость их невелика, поэтому при использовании в качестве материала для деталей, работающих на износ, поверхности деталей подвергают науглероживанию — цементации. Крепежные детали, такие как гайки, болты и шпильки, чаще всего изготавливают из сталей, содержащих 0,2–0,4% углерода.

Таким образом, мягкая низкоуглеродистая сталь обладает относительно невысокими прочностными характеристиками, которые можно повысить за счет термической, химико-термической



Рис. 4. Микрошлиф травленого металла винта (белое поле — феррит, темные зерна — перлит)

и термомеханической обработки [7]. Следует отметить, что следов термического упрочнения или химико-термической обработки в исследуемых фрагментах винтов не выявлено.

Для образцов определена твердость, значения которой приведены в табл. 1.

Твердость по сечению обоих образцов изменяется незначительно, составляя в среднем 215–225 HV.

Определить предел прочности на растяжение $\sigma_{\text{в}}$ (временное сопротивление) по

стандартным методикам нельзя из-за малых размеров представленных фрагментов, однако зная класс материала, его структуру и твердость, можно косвенно оценить $\sigma_{\text{в}}$ как 37–42 кгс/мм² (360–410 МПа).

Химический анализ проводился на спектрометре оптико-эмиссионном Foundry Master. Результаты исследований и сопоставление с близкими по составу сталями для обоих образцов приведены в табл. 2.

Таким образом, проведенный анализ показал наиболее полное соответствие материала образца стали Ст3пс по ГОСТ 380-2005 «Сталь углеродистая обыкновенного качества». Значительной ликвации по химическим элементам не выявлено. Приведенные материалы свидетельствуют о необходимости применения высококачественных материалов при изготовлении метизов для подвижного состава.

В рассмотренном примере ГОСТ 17473-80 «Винты с полукруглой головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры» недостаточен для регламен-

тирования качества винтов крепления строб-диска противоюзной системы.

Необходима разработка и внедрение стандартов и других нормативных документов, регламентирующих качество материалов при изготовлении метизов для подвижного состава.

Источники

1. Аверкин С. Н., Кочнев В. А. Обеспечение безопасности и качества пассажирских вагонов в условиях статичности нормативных требований к конструкционным материалам // Наука и техника транспорта. 2024. № 1. С. 82–87. EDN: SOQHJL.
2. Krotov V., Karmazina L. Peculiarities of the Influence of the Rolling Modes of the Axle of Wheel Pairs on the Degree of Their Surface Hardening. 2022. DOI: 10.1007/978-3-031-11058-0_23.
3. Кротов В. Н., Кармазина Л. А. Особенности влияния режимов накатывания осей колесных пар на степень их поверхностного упрочнения // Конспекты лекций по сетям и системам/ Из серии книг LNNS. 2023. Т. 509. С. 239–247. DOI: 10.1007/978-3-031-11058-0_23.
4. Яицков И. А., Поляков П. А., Федотов Е. С. и др. Анализ неустановившихся процессов в тормозном устройстве дисково-колодочного типа при торможении // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2024. № 1(93). С. 248–260. DOI: 10.46973/0201-727X_2024_1_248. EDN: ZTVIKC.
5. Маклаков С. Ф., Мишин В. А., Яицков И. А. Использование свойств материалов для обеспечения безопасной эксплуатации транспортных средств // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. № 1. С. 501–508. DOI: 10.24412/2071-6168-2024-1-501-502. EDN: MUXEES.
6. Яицков И. А., Поляков П. А., Тагиев Р. С. Оценка усталостной долговечности тормозного диска // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2022. № 2(86). С. 8–16. DOI: 10.46973/0201-727X_2022_2_8. EDN: FYQSGG
7. Джаксымбетова М. А., Канаев А. Т. Структурообразование и формирование свойств при термомеханической обработке низкоуглеродистой стали // Вестник Евразийского национального университета имени Л. Н. Гумилева. Серия: Технические науки и технологии. 2020. № 4 (133). С. 117–128. DOI: 10.32523/2616-68-36-2020-133-4-117-128. EDN: NBKLMF.

Таблица 1. Твердость образцов по Виккерсу

Укол	1	2	3	4	5	Среднее
HV, образец 1	115,3	118,8	117,3	130,3	113,9	119,12
HV, образец 2	111	110,1	116,6	113,7	114,6	113,2

Таблица 2. Химический состав материала образцов и стали Ст3пс по ГОСТ 380-2005

Химические элементы	Среднее содержание в материале образца 1, %	Среднее содержание в материале образца 2, %	Содержание в стали Ст3пс по ГОСТ 380-2005, %
C	0,18	0,19	0,14–0,22
Si	0,10	0,10	0,05–0,15
Mn	0,53	0,52	0,40–0,65
P	0,28	0,21	Не более 0,040
S	0,49	0,44	Не более 0,050
Cr	0,36	0,07	Не более 0,30
Mo	0,19	0,09	Не регламентируется
Ni	0,21	0,11	Не более 0,30
Al	0,01	0,01	Не регламентируется
Co	0,02	0,01	Не регламентируется
Cu	0,24	0,12	Не более 0,30
N	0,07	0,09	Не более 0,010
Ti	0,00	0,00	Не регламентируется
V	0,00	0,00	Не регламентируется
W	<0,01	<0,01	Не регламентируется
Pb	<0,01	<0,01	Не регламентируется
Sn	0,00	0,00	Не регламентируется
B	0,00	0,00	Не регламентируется
As	0,06	0,04	Не более 0,080