

ВО ИМЯ КАЧЕСТВА



Людмила Маркова,
начальник Испытательного
центра Института
порошковой металлургии
им. академика О.В. Романа,
кандидат технических наук

ИСПЫТАТЕЛЬНОМУ ЦЕНТРУ ИНСТИТУТА ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ — 25 ЛЕТ

Качество товара, его эксплуатационная безопасность и надежность, дизайн, уровень послепродажного обслуживания являются для современного потребителя основными критериями при совершении покупки и, следовательно, определяют успех или неуспех предприятия на рынке, его конкурентоспособность.

Помогать предприятиям и организациям соответствовать высоким стандартам и поддерживать их на должном уровне призван Испытательный центр по проведению сертификационных испытаний в области общего материаловедения Института порошковой металлургии им. академика О.В. Романа, основное направление деятельности которого – исследование различных металлов, сплавов, керамических и композиционных материалов и изделий из них на соответствие их фактических свойств и параметров межнациональным и национальным стандартам и техническим условиям.

История Центра началась в 1972 г. с создания в НИИ порошковой металлургии (НИИ ПМ) отдела физико-химических методов исследований №45, который возглавил академик П.А. Витязь. Постепенно была сформирована богатая приборная база, благодаря которой Центр стал одним из лучших не только в Беларуси, но и в СССР. Еще в 1977 г., на 2-й международной выставке «Порошковая



Коллектив Испытательного центра

металлургия», проводимой в г. Минске, П.А. Витязем были заключены договоры на приобретение уникального экспонируемого исследовательского оборудования. В дальнейшем, на следующих выставках, также практиковался подобный подход: целенаправленно, в соответствии с развитием основных направлений деятельности Института, а затем и Научно-производственного объединения порошковой металлургии, база приборов пополнялась – как для обновления исследовательского потенциала, так и для расширения и углубления аппаратурных и аналитических возможностей.

С 1977 г. многолетним руководителем отдела №45, который в 1996 г. был реорганизован в отделение №4 исследований и испытаний материалов, стал кандидат технических наук В.А. Чекан. Появляются научно-исследовательские лаборатории: металлофизики с бессменным заведующим И.В. Фомихиной и электронно-зондового анализа, которую возглавляли Л.В. Маркова, В.В. Коледа и Н.А. Алексеенко. С 2004 г. и по настоящее время отделением руководит кандидат технических наук Л.В. Маркова.

В 1997 г. на базе отделения создан и аккредитован органами Госстандарта Республики Беларусь на техническую ком-

петентность и независимость единственный в нашей стране Испытательный центр (ИЦ) по проведению сертификационных испытаний в области общего материаловедения. Он включен в Перечень лабораторий, наделенных правом выдачи государственным и судебным органам обоснованных технических заключений, утвержденный премьер-министром Республики Беларусь 25.02.2008 г. (№7/29).

В 2009 г. ИЦ аттестован Российской государственной корпорацией «РОСНАНО» на техническую компетентность в области исследования объектов нанотехнологий. Комиссией Таможенного союза Центр внесен в единый реестр испытательных лабораторий (центров) Таможенного союза.

Основные направления деятельности

Область аккредитации Центра включает более 100 видов испытаний (сертификационных, квалификационных, исследовательских, идентификационных, контрольных и др.), обеспечивающих определение практически всех характеристик материалов, регламентируемых нормативной документацией – ГОСТами, СТБ, ТУ. Уникальный комплекс оборудования позволяет решать практически любые задачи как



Рис. 1. Оборудование Испытательного центра

научного, так и прикладного характера в области общего материаловедения (рис 1).

В соответствии с графиком Испытательный центр подтверждает свою техническую компетентность (три раза каждые пять лет) и аккредитации (каждые пять лет). В 2020 г. был осуществлен переход на новую версию основополагающего стандарта ГОСТ ISO/IEC17025–2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий».

В состав ИЦ входят две лаборатории и группа химико-спектрального анализа.

Лаборатория металлофизики проводит металлографические исследования структуры и фазового состава исходных материалов, сырья и готовой продукции, металлографический контроль макроструктуры, загрязненности макровключениями, микроструктуры, микротвердости, величины зерна, глубины обезуглероженного слоя, неметаллических включений, характера и размеров поверхностных дефектов.

Лаборатория электронно-зондового анализа осуществляет фрактографический анализ различных материалов методами сканирующей электронной микроскопии на шлифах, изломах и фрагментах продукции произвольной формы, зернового состава масс, порошков, смесей; определяет общий и локальный химический состав, стереологические характеристики структуры, производит идентификацию марок материалов в соответствии с ТНПА.

Работа Центра делится на два направления: научно-исследовательское и проведение испытаний по заявкам организаций и предприятий республики.

Так, совместно с учеными Института сварки и защитных покрытий был проведен комплекс исследований структуры ионно-лучевых покрытий Cr и Ti с различным процентным содержанием ультрадисперсных алмазов (УДА) и наноразмерного порошка ZrO_2 , в результате которых:

- определены механические характеристики, износо- и коррозионная стойкость предлагаемых покрытий;
- установлены зависимости механических характеристик и коррозионной стойкости покрытий от химического состава, количества и размеров ультрадисперсных добавок в мишени для распыления;
- разработаны структурные модели формирования композиционных ионно-лучевых покрытий с ультрадисперсными частицами.

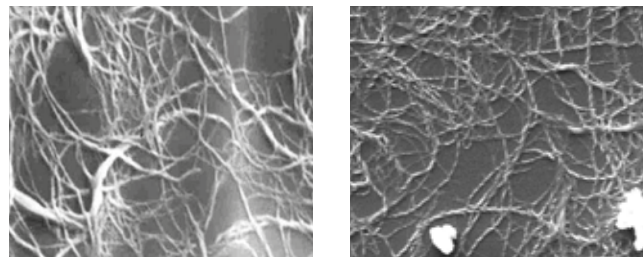


Рис. 2. Результаты исследований строения структурного каркаса пластичных смазок

Сотрудниками Испытательного центра совместно с технологами различных институтов НАН Беларуси также ведется большая научная работа. Впервые разработана методика приготовления пластичных смазок для исследования структурного каркаса в сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения. На ее основе изучено строение структурного каркаса пластичных смазок различного состава. Вместе с представителями Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси составлен атлас строения структурного каркаса пластичных смазок разного состава для различных условий эксплуатации. Установлены следующие структурные критерии строения дисперсной фазы смазок:

- простые литиевые смазки – тонкие длинные волокна диаметром до 50 нм, жгуты диаметром 200–400 нм, образованные сплетением волокон; волокна и жгуты, переплетаясь, образуют рыхлую губчатую структуру (рис. 2);
- комплексные литиевые смазки – сравнительно толстые (до 100 нм) короткие волокна длиной от 0,5 до 5 мкм; волокна, сплетаясь, образуют достаточно плотную губчатую структуру, а также заполненные ей правильные окружности;
- смазки на основе стеарата лития – округлые частицы диаметром 50–70 нм, располагающиеся цепочками или плотными островками.

При исследовании пластичных смазок после эксплуатации и длительных сроков хранения установлено, что разрушение их структурного каркаса идет через разрушение структурных составляющих дисперсной фазы с последующей их агрегацией и образованием крупных комков.

Большой вклад в решение задач, стоящих перед Испытательным центром, внесли его сотрудники В.А. Чекан, Т.К. Гаркавая, Г.П. Пименова, В.В. Коледа, Н.А. Алексеенко, Ю.О. Лисовская, Л.В. Маркова и многие другие.

Найти причину: прикладные исследования Центра

Среди конкретных практических задач, решенных Центром, можно привести следующие.

Причины разрушения ключа зажигания автомобиля марки Mercedes-Benz Actros. Предварительное исследование морфологии поверхности излома показало, что для выявления причин нет необходимости определения марки используемой стали, а требуется проведение металлографических исследований и изучения поверхности излома методом сканирующей электронной микроскопии.

В результате установлено, что в материале ключа присутствуют неметаллические включения в виде сульфидов. Так как они служат концентраторами напряжений, то при переменной нагрузке могут вызывать появление усталостных трещин, что и наблюдается в данном случае.

Исследование морфологии поверхности излома на сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения выявило достаточно много затертых участков. Излом носит вязкий характер. Хорошо видна слоистая структура проката с большим количеством неметаллических включений (рис. 3).

Точечный микрорентгеноспектральный анализ поперечного шлифа образца подтвердил присутствие сульфидов марганца в структуре материала. Причем усталостные трещины, образовавшиеся в местах скопления сульфидов, имеют вытянутую форму. Высокое содержание кислорода на отдельных участках излома свидетельствует

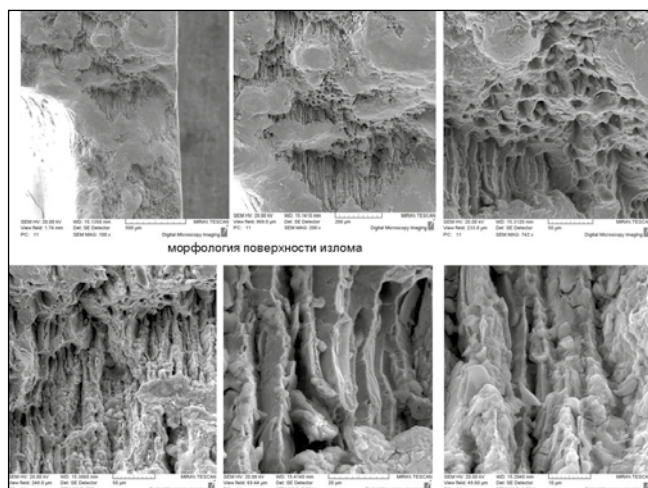


Рис. 3. Морфология поверхности излома ключа зажигания, полученная на сканирующем электронном микроскопе

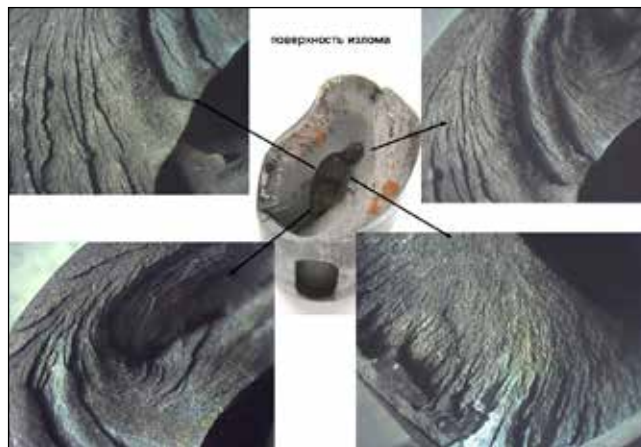


Рис. 4. Морфология поверхности излома фрагмента разрушенной оси

о том, что его поверхность частично окислена. Это означает, что разрушение шло не одномоментно. Вначале появились первичные трещины, а затем, через некоторое время, произошло полное разрушение (усталостный характер). При большом увеличении хорошо видно, что идет «выкрашивание» стали по сульфидным включениям, что также является признаком «усталости» материала.

В итоге установлено, что в структуре материала ключа зажигания присутствуют в большом количестве (5-й балл по ГОСТ 1778-70) неметаллические включения в виде сульфидов марганца, которые являются концентраторами напряжений. При переменной нагрузке они привели к образованию первичных трещин, а затем развитию усталостных, что и послужило причиной разрушения ключа в процессе эксплуатации.

Причины разрушения оси, несущей люльку автогидроподъемника. При помощи химического анализа установлено, что по элементному составу материал разрушенной оси соответствует стали марки 40X (ГОСТ 4543-71 «Прокат из легированной конструкционной стали»).

Исследование морфологии поверхности излома показало, что материал имеет хрупкий характер (рис. 4). Хорошо видна мелкодисперсная структура в области начала развития трещин, а затем – грубая рыхлая структура в зоне долома, что характерно для хрупких материалов. Выявлено, что на изломах присутствуют зоны остановки и возобновления движения трещины, связанные с резкими приложениями нагрузок на ось.

Исследование показало, что микроструктура и твердость фрагментов материала оси одинаковая и представляет собой мелкоигольчатый

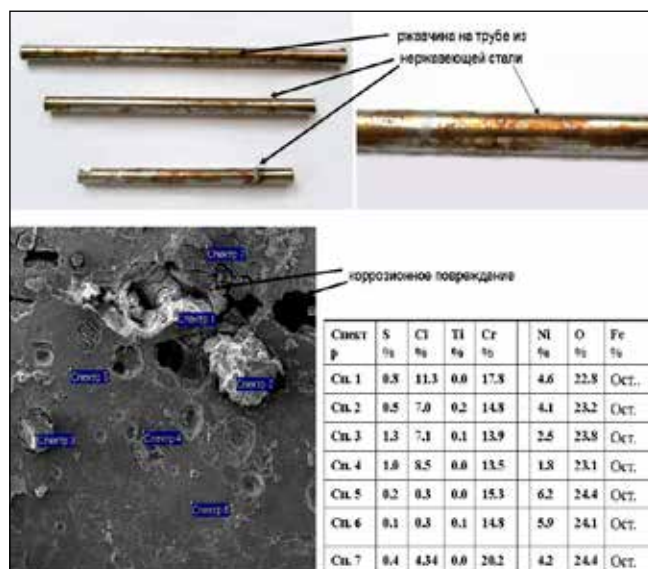


Рис. 5. Морфология поверхности фрагмента ограждения балкона бассейна на участке коррозионного поражения

мартенсит как у края поверхности образца, так и в сердцевине. Это означает, что ось гидроподъемника была прокалена полностью. Упрочнение поверхности в образцах отсутствует.

Установлено, что разрушение образца оси произошло в результате полной прокаливаемости материала и образования хрупкой структуры. Ее анализ позволяет сказать, что после закалки отпуск или не проводился, или проводился при температуре, недостаточной для снятия напряжений и достижения заданных свойств, возможно, не была соблюдена скорость охлаждения при отпуске.

Причины коррозионного повреждения ограждения балкона бассейна. В результате химического анализа установлено, что материал ограждения балкона соответствует стали марки 12Х18Н9 (ГОСТ 5632–72 «Стали высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные»), которая является коррозионностойкой.

Исследование поверхности поврежденного участка показало, что на образце фрагмента балкона наблюдается питтинговая коррозия и коррозия язвами. На отдельных участках такое поражение достигает глубины 0,1 мм. Изучение при помощи сканирующего электронного микроскопа с микроанализатором выявило присутствие на поверхности участков коррозионного повреждения ионов хлора, серы (незначи-

тельно) и кислорода (рис. 5), что свидетельствует об их присутствии в воздухе или нанесении на поверхность при обработке хлорсодержащими реагентами в процессе уборки.

Стали с высоким содержанием Cr, как правило, образуют на поверхности защитную пленку типа Cr_2O_3 в случае проведения пассивации. Однако если на поверхности имеются небольшие неровности или пассивирующая пленка повреждена, может начаться язвенное коррозионное разделение. Лучшей стойкостью будут обладать материалы, имеющие полированную поверхность.

Коррозионное поражение нержавеющей стали 12Х18Н9 под воздействием хлорсодержащей среды может быть вызвано большим содержанием в этом материале углерода (0,08%), который снижает стойкость к коррозии аустенитных сталей, а также отсутствием Ti, улучшающего коррозионную стойкость. Применение нержавеющей сталей с меньшим содержанием углерода, например 04Х18Н10, или содержащих титан (типа 12Х18Н9Т) повысят коррозионную стойкость.

Установлено, что появление коррозионных повреждений в данном случае вызвано следующими факторами:

- недостаточной высокой финишной обработкой поверхности изделий;
- применением сталей, имеющих повышенное для данных условий работы (высокая влажность и присутствие хлоридов) содержание углерода (предпочтительно не более 0,04%);
- использованием нержавеющей сталей, не содержащих титан в своем составе;
- проведением уборочных работ с применением в качестве моющих средств растворов, содержащих ионы хлора и серы.

Причины разрушения гибкой подводки марки Tuboflex. Для определения причин поломки вначале устанавливалась марка сплава. Анализ показал, что по элементному составу материал относится к медно-цинковым сплавам типа латуни. Аналогов в ГОСТ не выявлено. Это значит, что материал подводки является браком литейного производства, со значительным превышением содержания олова и свинца. Исследование морфологии затертой и сильно окисленной поверхности излома не позволило выявить очаг разрушения (рис. 6). Следы остановки трещины (усталостное разрушение) отсутствуют.

Исследование микроструктуры материала выявило: она представляет собой литую ($\alpha+\beta$)–латунь с наличием α -фазы игольчатого

строения на основном фоне β -фазы и β' -фазы, образовавшейся в результате распада β -фазы при охлаждении. Появление в структуре латуни β' -фазы способствует понижению пластичности и повышению твердости материала гибкой подводки. Завышенное содержание олова и свинца также понижает пластичность и ухудшает прочностные свойства латуни.

Проведенное испытание на определение величины усилия, необходимого для поворота рукоятки крана при открывании и закрывании, показало, что оно составляет 15 Н (1,5 кг). Это не соответствует требованиям ГОСТ (должна быть не более 10 Н (1 кг)).

В итоге установлено, что разрушение гибкой подводки произошло в результате применения материала, не соответствующего требованиям ГОСТ по химическому составу, а также в результате образования в структуре β' -фазы и повышенной твердости материала. Все вышеперечисленное вызывает несоответствие величины усилия, необходимого для поворота рукоятки шарового крана, требованиям ГОСТ.

Причины образования отверстия на отопительном приборе – алюминиевом радиаторе. Было установлено, что по элементному составу материал радиатора соответствует алюминиевому сплаву марки АД31 (ГОСТ 4784–97 «Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые»).

На стенках продольных каналов имелись следы коррозионных отложений светлорычжевого цвета и темно-серого цвета. Точечный микрорентгеноспектральный анализ внутренней поверхности проводили на аттестованном сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения «Mira» с микрорентгеноспектральным анализатором. Существенных различий по элементному составу как на светлорычжевых, так и на темно-серых участках не выявлено. Микрорентгеноспектральный анализ показал присутствие в осадках на внутренней поверхности продольных каналов таких элементов, как кремний, алюминий, кальций, натрий, сера, кислород, цинк и железо. Причем на различных участках содержание серы колеблется от 0,5% до 9%, а кислорода – от 20% до 50%. Эти данные позволяют предположить, что все выявленные элементы находятся в виде оксидов, сульфидов или комплексных солей. Водородный показатель (pH) циркулирующей воды колеблется в пределах 9,5–10,5. В паспорте на радиатор указан его предел 6–7.



Рис. 6. Общий вид и морфология поверхности излома гибкой подводки

Сделаны следующие выводы. На внутренних поверхностях радиатора наблюдается коррозионное разрушение стенок продольного канала радиатора. Согласно требованиям к теплоносителю при использовании алюминиевых радиаторов, значение водородного показателя (pH) должно находиться в пределах 6–7. В исследуемом образце воды значение pH составляет 9,5–10,5, что соответствует щелочной среде. Известно, что алюминий легко растворяется в щелочах, выделяя водород и образуя алюминаты. Коррозия, разрушающая алюминиевые радиаторы, усиливается при наличии в системе отопления гальванических пар алюминия с другими металлами. На участках с меньшим диаметром каналов наблюдается большее количество продуктов электрохимической коррозии. Из-за разности диаметров каналов в месте их соединения происходит застой воды, частицы окарины оседают на стенках алюминиевого радиатора и способствуют развитию коррозионного разрушения. В данном случае работает пара железо – алюминий (идет растворение алюминия как более активного металла).

Высокое качество исследований и испытаний материалов – надежный и эффективный способ удовлетворения запросов потребителей и снижения издержек производства. Именно на этот результат уже 25 лет ориентирован Испытательный центр Института порошковой металлургии. ■