

Проведение всего комплекса исследований позволит установить оптимальный состав керамического флюса, обеспечивающего качественную наплавку алюминиевых антифрикционных бронз с соблюдением требований, предъявляемых к качеству и служебным характеристикам биметаллических деталей пар трения.

Библиографический список

1. *Есин О. А., Гельд П. В.* Физическая химия металлургических процессов. М., 1964.
2. *Ерохин А. А.* Кинетика металлургических процессов дуговой сварки. М., 1964.
3. *Смирягин А. П.* Промышленные цветные металлы и сплавы. М., 1975.
4. *Соколов О. К., Беляев А. И.* Физико-химические свойства криолитоглиноземельных расплавов при совместном присутствии в них фторидов магния и кальция // Изв. вузов. Цв. металлургия. 1960. № 1.

Н. Б. Пугачева

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

В современном понимании система качества представляет собой совокупность организационных и технических мер, необходимых для обеспечения соответствия требованиям стандартов. Системы управления качеством, действующие на различных предприятиях, индивидуальны. Однако у них есть общее – в основе производства лежат карты технологического процесса, наглядно отображающие порядок изготовления той или иной продукции. На многих предприятиях используются статистические методы регулирования [12, 16, 20]. Но поскольку каждому процессу присуща собственная изменчивость качества, целесообразно использовать динамическую проверку качества с регулированием его во время производства. Огромное значение для решения этой задачи имеет правильно организованный мониторинг свойств, который позволяет получать информацию о реальной работе процесса. По результатам мониторинга возможно провести

оценку и анализ характеристик процесса, а также статистический анализ причин отклонения, исследовать, каким образом вариации различных контролируемых параметров воздействуют на признаки качества. Решению этих задач способствует проведение различных видов контроля: производственного, эксплуатационного, входного, приемочного, операционного, сплошного, выборочного или непрерывного, измерительного, разрушающего или неразрушающего.

Сущность мониторинга заключается в постоянном наблюдении за каким-либо процессом с целью выявления его соответствия желаемому результату или исходному положению. На первых этапах появления этого понятия прослеживалось отличие мониторинга от научного исследования: если побудительной причиной проведения последнего является недостаточность имеющихся знаний для удовлетворительного описания какого-либо явления, то причиной проведения мониторинга служит неудовлетворенность качеством информации о веществе, изделии, окружающей среде и т. п. Однако в последнее время понятие мониторинга существенно расширилось. Мониторинг стал неотъемлемой частью научных исследований.

Мониторинг близок по своей сути к эмпирическим исследованиям, эксперименту, однако имеет существенное отличие – для мониторинга важно как можно точнее и надежнее описать состояние (свойства) объекта. При создании системы мониторинга в первую очередь возникает вопрос о надежных методах и методиках определения свойств материала или изделия для получения требуемого ресурса эксплуатации. Именно этим определяется значение мониторинга в системе оценки качества сталей, сплавов и изделий из них.

Например, контроль качества материала в ходе технологического процесса производства труб из медных сплавов (сложнолегированных латуней, бронз, мельхиоров) состоит из ряда последовательных этапов [7]:

1) выплавка сплавов с полунепрерывной разливкой слитков, которые имеют форму и размеры, удобные для дальнейшей обработки давлением; на этом этапе основной вид контроля – это соответствие химического состава требуемым стандартам, а также контроль количества неметаллических включений (операционный контроль);

2) резка слитков на шашки-заготовки; внешний осмотр (сплошной контроль), зачистка поверхности;

3) прессование трубы; сплошной контроль размеров и поверхностных дефектов; выборочный контроль микроструктуры и твердости;

4) термообработка; сплошной контроль твердости, механических свойств; статистический контроль остаточных напряжений, микроструктуры, механических свойств (испытания на растяжение), физических свойств (электросопротивления и др.);

5) обрезка передних и задних концов труб, резка на меру или заготовки для дальнейшей обработки;

6) выходной контроль ОТК, оформление сертификата на продукцию.

Подобная схема контроля вполне приемлема при производстве стальных заготовок или других цветных сплавов, например, магниевых [5, 7, 8].

Огромную роль в обеспечении качества играет макро- и микроструктура слитков (рис. 1). Излом – распространенный в производственной практике метод контроля внутреннего строения сплавов. По виду излома можно судить о степени измельчения кристаллов и зерен, легко выявить включения, попавшие в плоскость излома, определить причину и характер разрушения под действием нагрузок [3]. Например, шиферный излом характерен при завышенном количестве неметаллических, главным образом оксидных, включений в сплаве и является отбраковочным признаком [9]. Исследования показали, что причиной слоистого шиферного излома трубы алюминиевой бронзы БрАЖМц 10–3–1,5 стали частицы силицида титана, а также оксидов кремния и цинка (рис. 2). Наиболее вероятной причиной возникновения таких частиц является использование низкокачественных шихтовых материалов для выплавки сплава. Заводу-изготовителю (Ревдинскому заводу обработки цветных металлов) рекомендовано провести исследовательскую работу по накоплению статистики о связи химического состава по отдельным примесям с характером излома, а также выяснить и по возможности устранить источник загрязненности металла титаном и кремнием.

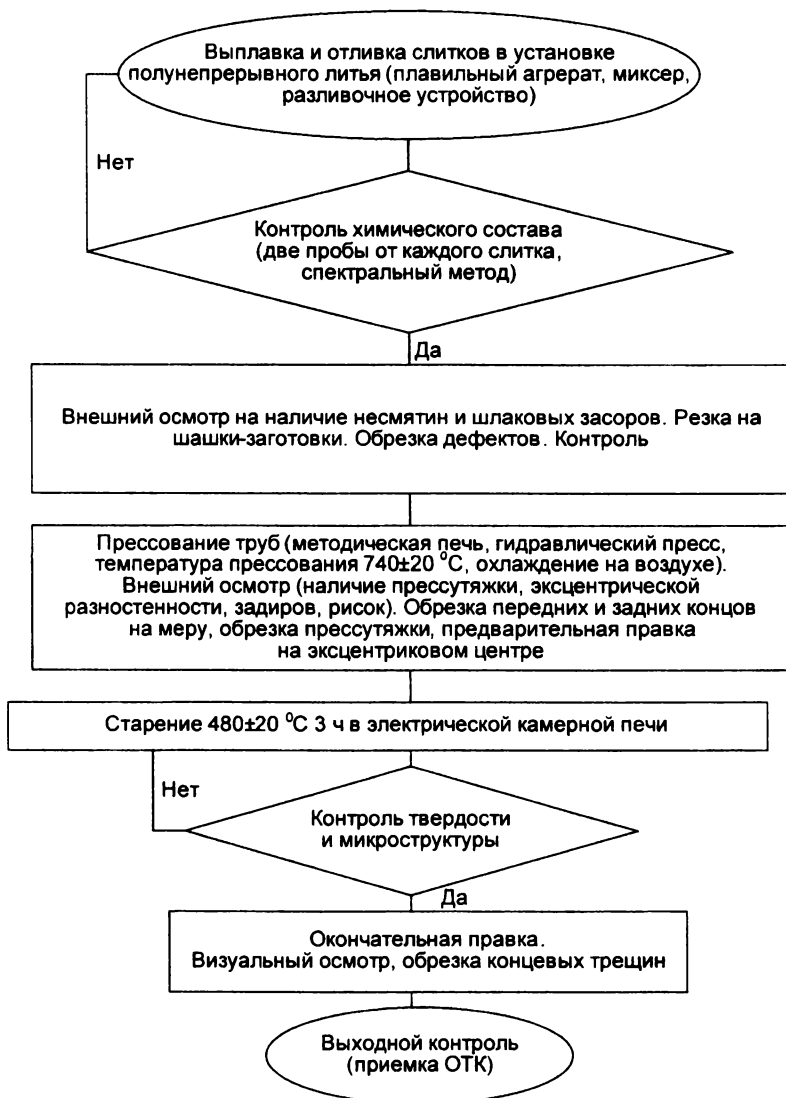


Рис. 1. Блок-схема технологического процесса изготовления труб из сплава ЛМЦАЖКС

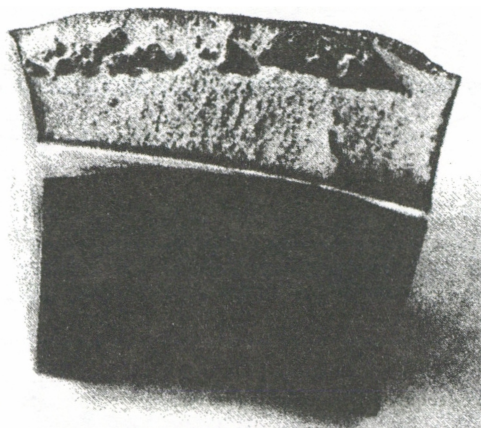


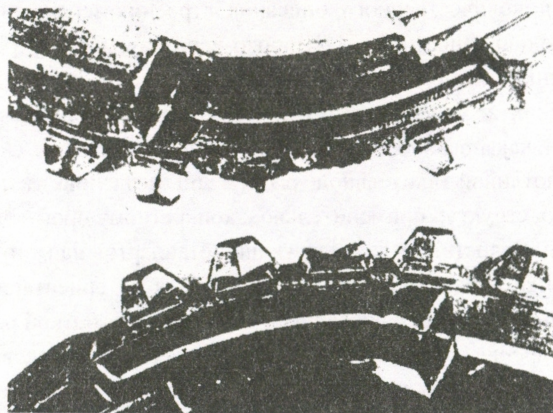
Рис. 2. Шиферный излом трубы алюминиевой бронзы БрАЖМц 10–3–1,5

Отмечена также общая повышенная засоренность алюминиевой бронзы включениями различного состава, в том числе и за счет не нормируемых по ГОСТ 18175–78 примесей. Часть включений, содержащих соединения Са, Mg, Na, С, предположительно имеет шлаковое происхождение. Интерес представляет тот факт, что по большинству нормируемых и ненормируемых примесей, включая кислород, этот образец оказался чище контрольного (условно «годного») образца, на котором шиферный излом не наблюдался. Этот пример является наглядным подтверждением необходимости проведения широкого мониторинга на всех стадиях технологического процесса.

Особое внимание следует уделять неметаллическим включениям в сплавах, поскольку даже при нормативном их содержании они могут негативно влиять на прочностные свойства. Это может происходить в результате коагуляции и скопления частиц в ходе проведения современных технологических обработок, которым часто подвергается металл. Например, в результате лазерной сварки листа из алюминиевого сплава 01420Г, применяемого для изготовления корпуса самолета, возможны коагуляция и объединение неметаллических частиц, содержание которых в самом сплаве соответствует стандарту. Такие крупные объединения частиц (размером до 200 мкм) могут служить концентраторами зарождения термоусталостных трещин при эксплуатации изделия.

Другой вид включений – карбиды, интерметаллиды и силициды, обладающие высокими значениями твердости и низкими прочностными свойствами. Производственная практика показывает, что необходим операционный контроль за их размерами и распределением по сечению заготовки или детали. Например, множественные сколы и даже растрескивание изделий и заготовок из латуни ЛМцАЖКС [13] обусловлены образованием в структуре сплава крупных (порядка 0,2 мм) частиц твердых силицидов (рис. 3).

а



б

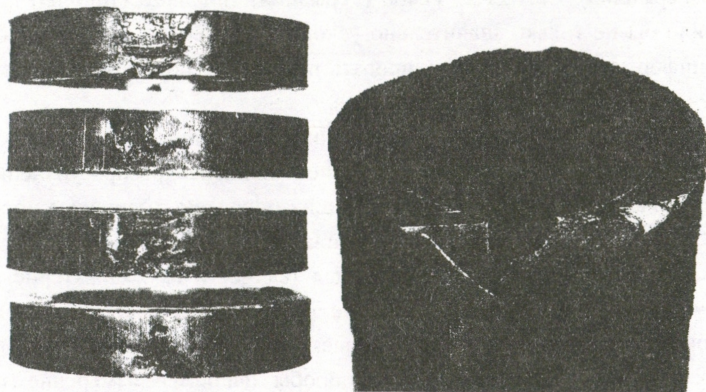


Рис. 3. Сколы зуба блокирующего кольца синхронизатора коробки передач легкового автомобиля в процессе нарезки (*а*) и выкрашивание трубы в процессе прессования (сплав ЛМцАЖКС) (*б*)

Приведенные примеры подтверждают необходимость повсеместного введения контроля микроструктуры сталей, сплавов, покрытий, керамических и композиционных материалов в ходе технологического процесса. Причем этот контроль должен быть не выборочным, каким он является на большинстве предприятий, а операционным или хотя бы периодическим.

Проблема контроля микроструктуры материалов в настоящее время является очень актуальной для машиностроительных предприятий. Сегодня, к сожалению, отсутствуют стандартные и метрологически обоснованные методики количественного описания строения зерен, анизотропии, структурной однородности и т. д. Широко используемые на предприятиях балльные оценки (размеров зерен, карбидной неоднородности, количества неметаллических включений и пр.) по «стандартным» шкалам не всегда обоснованы и, как правило не отражают реальное строение сплавов. Это требует кропотливой длительной работы по созданию действительно «стандартных» структур применительно к конкретному производству [6].

Большим недостатком существующих стандартов на методы количественной оценки параметров структуры является их ориентация на визуальные методы измерения с последующей ручной обработкой результатов. Широкое внедрение в практику металлографических исследований автоматических анализаторов изображения, таких как разработки отечественных фирм *SIAMS*, а также зарубежных фирм *Leica Microsystems Wetzlar GmbH* (Германия), *Carl Zeiss Vision* (Германия), *Shimadzu* (Япония) и др., позволило бы не только значительно ускорить процесс получения и обработки информации, но и унифицировать процедуры подготовки объектов к исследованию и обработки результатов.

Не менее важными являются механические испытания и технологические пробы. Испытания на растяжение – наиболее распространенный вид механических испытаний, позволяющих определять основные нормируемые показатели качества сталей и сплавов: временное сопротивление (предел прочности) σ_b и условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, характеристики пластичности (относительные удлинение δ и сужение площади поперечного сечения Ψ) [18]. Наряду с механическими испытаниями в некоторых случаях производятся технологические пробы, например, измерение твердости. Они не учитывают напряжений, возникающих в испытуемом материале, и служат только для выявления способности металла или сплава воспринимать пластическую деформацию, т. е. косвенно характеризуют

прочность [1, 4, 10]. В некоторых случаях измерение твердости может частично заменить механические испытания на растяжение, но для основной массы сталей и сплавов нормируются как твердость, так и прочностные свойства. Получением механических характеристик материалов по результатам испытаний на твердость интересовались многие ученые [1, 2, 4, 10, 14, 21]. Было показано, что предел текучести металла σ_T , определяемый обычно в испытаниях на растяжение, можно попутно определять при измерении твердости без изготовления специальных образцов.

Достоинством безобразцового метода является возможность ускоренной оценки механических характеристик металла готовых изделий без вывода их из строя и вырезания из них образцов. Этот метод представляет большой научный и практический интерес как более экономичный и простой. В некоторых случаях он может быть единственным для оценки механических свойств малых объемов или локальных зон обработанного металла. Он эффективен при оценке остаточного ресурса оборудования, эксплуатируемого длительное время и выработавшего свой расчетный срок службы, поэтому применяется в энергетике, машиностроении, нефтехимии и других областях [11].

Особое место занимают испытания таких нормируемых свойств металлов и сплавов, как коррозионная, эрозийная стойкость и жаростойкость, износостойкость и т. д. Для обеспечения широкого мониторинга свойств материалов целесообразно проводить весь комплекс испытаний: типовые, периодические и сертификационные контрольные испытания; сравнительные; лабораторные (разрушающие и неразрушающие); стендовые и натурные испытания. Важное значение имеют разработки достоверных методик как кратковременных сравнительных испытаний, позволяющих в жестких условиях оценить качество материалов, так и длительных стендовых или натурных испытаний, воссоздающих условия, максимально приближенные к эксплуатационным. Только совокупность всех видов испытаний позволит с максимальной достоверностью оценить качество сплавов и изделий, что особенно важно при разработке новых материалов и технологий. При этом в первую очередь необходимо уделять внимание обеспечению единства измерений, а именно обеспечению точности и достоверности измерений, достоверности измерительного контроля, точности и достоверности испытаний [12, 16, 20].

В последнее время благодаря развитию компьютерных технологий появилась возможность резко расширить изобразительные и математические средства интерпретации процессов разрушения при эксплуатации. Например, при анализе и синтезе безопасности движения транспортных средств на основе мониторинга их технического состояния [17] или при прогнозировании ресурса магистральных, технологических и промышленных газонефтепроводов на основе текущего мониторинга свойств материала [19]. Ситуационное моделирование процессов деградации свойств и разрушения металлов и сплавов позволяет прогнозировать срок эксплуатации и в некоторых случаях предложить способ восстановления [15]. В связи с этим все более расширяются исследования возможностей компьютерного моделирования различных процессов, так или иначе связанных с изменением свойств материалов при их эксплуатации. Методы моделирования становятся неотъемлемой частью системы мониторинга.

Библиографический список

1. *Витман Ф. Ф., Златин Б. С.* О применении метода внедрения конуса для определения предела текучести при высоких скоростях деформирования // Завод. лаб. 1949. Т. XV, № 4.
2. *Волков С. Д.* К теории безобразцового метода определения предела текучести // Завод. лаб. 1951. № 11.
3. *Гордеева Т. А., Жегина И. П.* Анализ изломов при оценке надежности материалов. М., 1978.
4. *Давиденков Н. Н., Беляев С. Е., Марковец М. П.* Получение основных механических характеристик стали с помощью измерений твердости // Завод. лаб. 1945. Т. XI, № 10.
5. Достижения в практике трубного производства: Материалы I Рос. конф. по труб. пр-ву «Трубы России – 2004» / Под науч. ред. А. А. Богатова. Екатеринбург, 2004.
6. Использование программного продукта «SIAMS» для создания эталона микроструктуры сложнoleгированной износостойкой латуни / *А. В. Тропотов, М. Д. Копыл, Н. В. Недорезова и др.* // Сборник докладов школы-семинара «Цифровая микроскопия». Екатеринбург, 2002.
7. *Колачев Б. А., Ливанов В. А., Елагин В. И.* Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. М., 1981.

8. Магниеые сплавы: Справ.: В 2 ч. Ч. 2: Технология производства и свойства отливок и деформированных полуфабрикатов / Под ред. И. И. Гурьева, М. В. Чухрова. М., 1978.

9. *Мальцев М. В.* Металлография промышленных цветных металлов и сплавов. М., 1979.

10. *Марковец М. П.* Упрощенные методы определения механических свойств по твердости // Завод. лаб. 1954. № 8.

11. Материаловедение и технология металлов / Под ред. Г. П. Фетисова. М., 2001.

12. *Миттаг Х. Й., Ринне Х.* Статистические методы обеспечения качества: Пер. с нем. М., 1995.

13. *Пугачева Н. Б. и др.* Влияние содержания железа в легированной латуни ЛМцАЖКС на состав и морфологию силицидов (Fe, Mn) 5Si3 // Физика металлов и материаловедение. 2000. Т. 89, № 1.

14. *Савицкий Ф. С., Вандышев Б. А.* Определение пределов текучести и прочности безобразцовым методом // Измер. техника. 1959. № 6.

15. *Смирнов С. В. и др.* Исследование пластической деформации сложнолегированной латуни // Физика металлов и материаловедение. 2002. Т. 93, № 6.

16. Управление качеством. Сертификация / *В. А. Васильев, Ш. Н. Каландаришвили, В. А. Новиков, С. А. Одинокоев.* М., 2002.

17. *Устименко Н. М.* Мониторинг износа боковой поверхности головки рельса и гребня колеса в кривых на основе спектрального анализа и имитационного моделирования: Материалы Междунар. конф. «Разрушение и мониторинг свойств металлов». Екатеринбург, 2001.

18. *Фридман Я. Б.* Механические свойства металлов: В 2 ч. Ч. 1: Деформация и разрушение. М., 1974.

19. *Шаманин А. П.* О долговечности магистральных и технологических трубопроводов: Материалы Междунар. конф. «Разрушение и мониторинг свойств металлов». Екатеринбург, 2001.

20. *Шишкин И. Ф.* Основы метрологии, стандартизации и контроля качества. М., 1998.

21. *Якутович М. В., Вандышев Б. А., Сурикова Е. Е.* Влияние коэффициента упрочнения металлов на профиль валика вокруг конического отпечатка // Завод. лаб. 1948. Т. XIV, № 3.