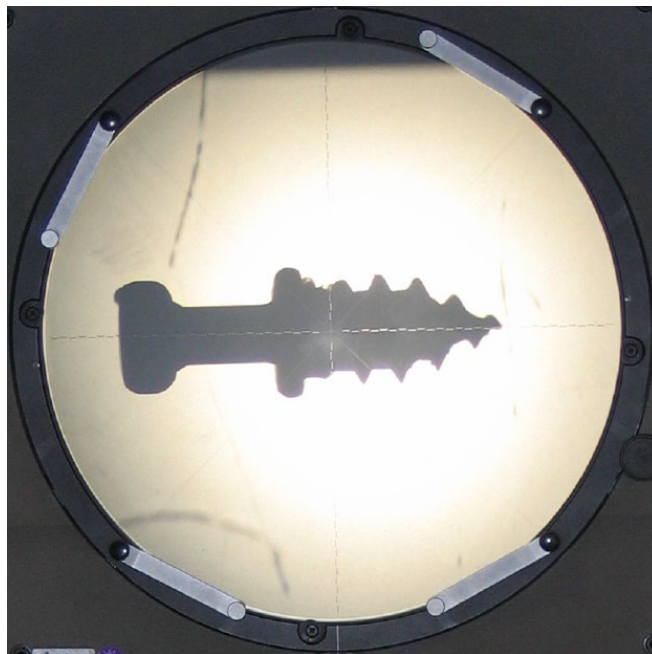


**Библиотека журнала
«Крепёж, клеи, инструмент и... »**

**Техника и технологии контроля
качества крепежа и соединений**



Сборник статей

2021

Содержание

1. Расе оборудование для 100 % контроля крепёжных деталей
2. Производство крепежа. Контроль параметров изделий
3. Технический контроль качества крепежа у изготовителя и продавца
4. Акустическое тензометрирование резьбовых деталей разъёмных соединений
5. Термобиметаллические индикаторы перегрева резьбовых контактных соединений
6. Чем оснастить лабораторию?
7. Контроль качества в компании Dresselhaus
8. Магнитный контроль крепежа из среднеуглеродистых легированных сталей

Материалы конференции «СОВРЕМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО КРЕПЕЖА»

PASE ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ 100% КОНТРОЛЯ КРЕПЁЖНЫХ ДЕТАЛЕЙ

PASE (фирма Hilker & Partner GmbH, Германия) на протяжении 29-ти лет производит оборудование для контроля всех видов крепёжных деталей. Благодаря ассортименту, включающему в себя более 570 машин, PASE является международным лидером рынка в области 100%-ого контроля качества.

Машины PASE могут работать с широким спектром продукции — от М 0,75 мм до М36, благодаря использованию пяти основных моделей. Максимальная скорость работы PASE составляет 1300 деталей в минуту.

Простая и быстрая сортировка

Для сортировки изделий массового производства предлагаются машины, оснащённые простой четырёхступенчатой роликовой системой для отбора посторонних деталей и двумя видеосистемами для проверки головки, формы и резьбы стержней.

Машины работают со скоростью 1300 штук в минуту независимо от того, сколько параметров при этом проверяется. Таким образом, в сочетании с автоматической упаковкой 100%-ный контроль и одновременное упаковывание деталей может производиться с максимальной скоростью.

Контроль деталей с повышенным требованием к качеству

Для контроля деталей с повышенным требованием к качеству PASE предлагает широкий спектр методов для проведения проверок любой сложности. Подача деталей не ограничена, при этом детали подаются с максимальной скоростью независимо от их формы.

Метод контроля с камерой для стержня

Параметры проверки:

- Наружный диаметр резьбы
- Внутренний диаметр резьбы
- Шаг резьбы
- Угол резьбы
- Длина и высота головки
- Диаметр стержня
- 200 свободно определяемых участков контроля

Точность: до +/- 0,005 мм.

Скорость: 1300 деталей в минуту.

Метод контроля с камерой для головки

Параметры проверки:

- Диаметр головки
- Трещины
- Контуры
- Углубления

Точность: до +/- 0,05 мм.

Скорость: 1300 деталей в минуту.

Необходимость проводить 100%-ную проверку крепёжных деталей сильно возросла в последние годы. В особенности это касается таких отраслей промышленности, как:

- автомобильная,
- авиационная,
- электротехническая.

Все детали, которые используются в устройствах, связанных с безопасностью, подвергаются сегодня обязательному 100%-ному контролю, **выборочный контроль качества при этом не принимается.**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА

Количество дефектных деталей определяется с помощью показателя *ppm* (частей на миллион, т. е. 10 *ppm* означает, что в 1 миллионе поставленных деталей только 10 могут быть дефектными). В настоящее время используются следующие показатели *ppm*:

- стандартные детали в автомобильной промышленности — 3–10 *ppm*;
- детали в автомобильной промышленности, определяющие безопасность — 0 *ppm*;
- авиационная промышленность — 0 *ppm*;
- электротехническая промышленность — 5–20 *ppm*.

Метод контроля «Карусель»

Параметры проверки: форма и глубина углублений.

Точность: до +/- 0,08 мм.

Скорость: 1200 деталей в минуту.

Метод контроля с лазером и особыми камерами

Параметры проверки:

- Забоины на резьбе при длине резьбы до 140 мм
- Проверка под углом 360° до 256 положений за 1 оборот
- Дефекты поверхностей
- Проверка под углом 360° до 800 штук в минуту
- Особый контроль всех видов
- 3D-проверка с разрешением до 0,1 мкм

Материалы конференции «СОВРЕМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО КРЕПЕЖА»

Система контроля с использованием вихревого тока

Параметры проверки:

- Контроль самых тонких трещин
- Контроль невидимых трещин на материалах
- Испытание материала на твёрдость
- Регулировка зазора с продолжительностью реакции от 0,6 нс

Патентованная технология «Карусель» позволяет произвести механический контроль формы и глубины углублений со скоростью до 1200 деталей в минуту.

Патентованный резервированный принцип надёжности обеспечивает нулевой показатель *ppm* при контроле.

Программирование и перенастройка машин производится исключительно с помощью сенсорного экрана, что обеспечивает быстроту программирования, автоматический учёт допусков и удобную работу без клавиатуры и мыши, а также позволяет крайне быстро и легко производить перенастройку машин.

Функция TELESERVICE позволяет ремонтировать машины с помощью дистанционного обслуживания.

Модульная конструкция

Конструкция машин полностью модульная, что позволяет работать сначала на более простых моделях, а впоследствии добавлять новые модули, которые устанавливаются в течение нескольких часов непосредственно на месте.

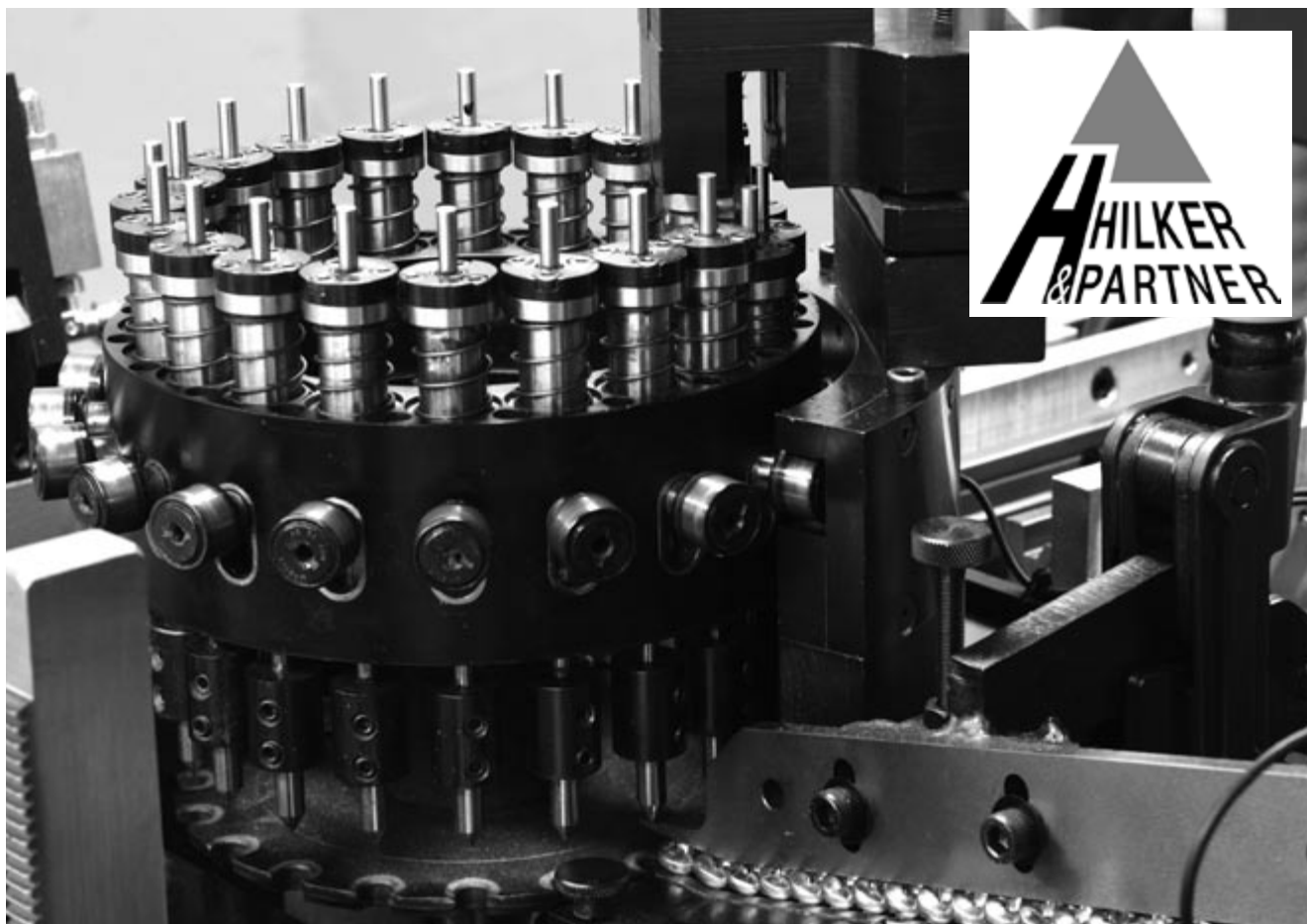
При этом возникает возможность в дальнейшем приспособливать машины к новейшим требованиям.

За дополнительной информацией обращайтесь к Томасу Грейзеру (Thomas Greiser) по телефону: 0049 711 98 0918 0 или по электронной почте: info@hilker-partner.de

Новые модели машин PACE

PACE MSD является новой моделью машин PACE, которая предназначена как для очень быстрого и простого контроля, так и для выполнения более прецизионных задач. Данная машина снабжена мультиразъёмным диском, который может иметь до 60 отделов и специально подгоняется под проверяемую деталь.

Двойные позиции контроля трещин позволяют удвоить скорость проверки тонких внешних трещин с помощью вихревого тока.



Лукша О.Г.,
специалист метизного производства

ПРОИЗВОДСТВО КРЕПЕЖА. КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ИЗДЕЛИЙ

В мировой практике машиностроения с каждым годом возрастают требования к качеству крепёжных деталей. Такова общая тенденции развития техники. Это происходит вследствие применения автоматизированных устройств и систем сборки, например, автомобилей, приборов. Производители увеличивают гарантийные сроки эксплуатации товара как средства конкурентной борьбы за покупателя. Контроль качества крепёжных деталей должен сопровождать все операции их изготовления.

Существуют многочисленные специализированные стандарты (как зарубежные DIN, ISO, ANSI, ASME, так и российские ГОСТ, ГОСТ Р, ГОСТ Р ИСО), полностью

описывающие требования к параметрам, допускам и т. д. крепёжных изделий.

Чем выше достигнутый уровень качества, тем больше необходимый объём контроля — таков парадокс классической теории статистического контроля.

Одним из важных факторов роста эффективности производства в итоге является улучшение качества выпускаемой продукции, это как раз и является решающим условием её конкурентоспособности как на внутреннем, так и внешних рынках.

В процессе изготовления все крепёжные изделия подвергаются следующим видам контроля:

1. Входной контроль всех поступающих материалов для изготовления крепёжных изделий.
2. Операционный контроль осуществляется на протяжении всего технологического процесса в конце каждой операции выборочным методом по регламенту технологических показателей соответствующими мерительными инструментами и визуальным наблюдением.

В метизном производстве применяется выборочный контроль, при котором из предъявленной партии проверяется только часть деталей или изделий, и по этой части судят о качестве всей партии. Этот вид контроля применяется при большом количестве одинаковых изделий и устойчивости производственных процессов, что характерно для массового производства.

В данной статье мы не рассматриваем автоматизированный контроль изделий.

Основные характеристики крепёжных изделий, подлежащие контролю, определяются по ГОСТ 17769-83 «Изделия крепежные. Правила приемки».

Контроль крепёжных изделий проводят по основным следующим параметрам:

- внешний вид;
- геометрические параметры;
- механические свойства;
- качество покрытия.

Контроль внешнего вида

При контроле внешнего вида крепёжных изделий руководствуемся следующими стандартами:

- ГОСТ Р ИСО 6157-1-2009 «Изделия крепежные. Дефекты поверхности. Болты, винты, шпильки общего назначения»
- ГОСТ Р ИСО 6157-2-2009 «Изделия крепежные. Дефекты поверхности. Гайки»

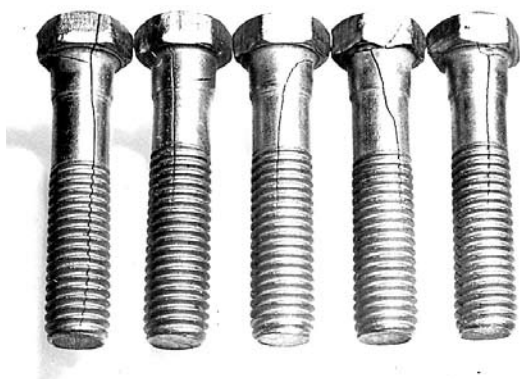


Рис. 1. Трещины напряжения (закалочные) после термической обработки



Рис. 2. Трещины напряжения при использовании материала с низкой пластичностью



Рис. 3. Трещины напряжения вследствие затупления отрезного инструмента

При контроле внешнего вида различают изделия с критическими, значительными и малозначительными дефектами.

Критическими дефектами являются трещины напряжения и складки в местах изменения поперечного сечения изделия.

Примеры трещин напряжения: в процессе термической обработки изделий (рис. 1), при применении материала с низкой пластичностью (рис. 2), вследствие затупления отрезного инструмента (рис. 3).

Значительными дефектами являются раскатанные пузыри, штамповочные трещины, рванины, сколы, трещины сдвига, рябизна, складки, следы от инструмента и повреждения резьбы, если их количество и размеры превышают допускаемые нормы, и дефекты конструкции.

Примеры дефектов, относящихся к значительным: трещины из-за наличия поверхностных дефектов в исходном металле (рис. 4), в результате неправильной наладки инструмента (рис. 5), рябизна (рис. 6), сколы (рис. 7).

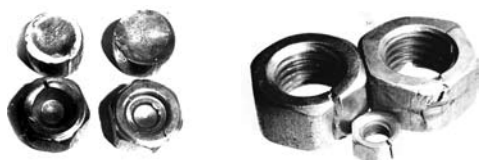


Рис. 4. Появление трещины из-за наличия поверхностных дефектов в исходном металле



Рис. 5. Стружка на поверхности резьбы в результате неправильной наладки резьбонакатного инструмента

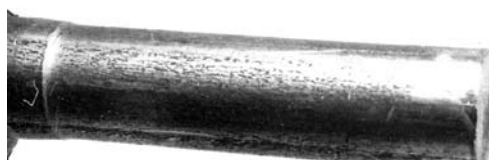


Рис. 6. Рябизна



Рис. 7. Сколы

К этим дефектам необходимо отнести и забоины (рис. 8), особенно на резьбовой части деталей с резьбой более М8, образующиеся в результате соударения деталей при падении с большой скоростью в технологическую тару.

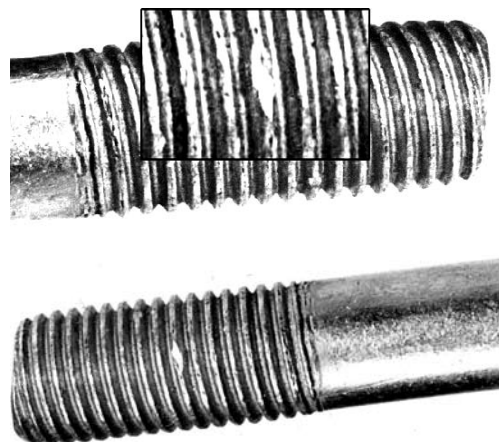


Рис. 8. Забоины

Дефекты незначительные рассматривать не будем, т. к. по каждому из них технологической и контрольной службами принимается решение в каждом конкретном случае.

Контроль геометрических параметров

При контроле геометрических параметров крепёжных изделий руководствуемся стандартом ГОСТ Р ИСО 4759-1-2009 «Изделия крепежные. Допуски. Болты, винты, шпильки и гайки. Классы точности А, В и С».

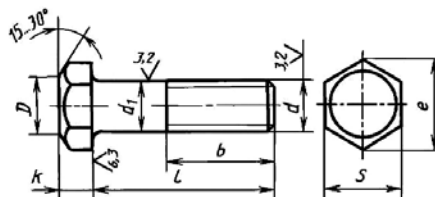


Рис. 9. Контролируемые параметры болта с шестигранной головкой

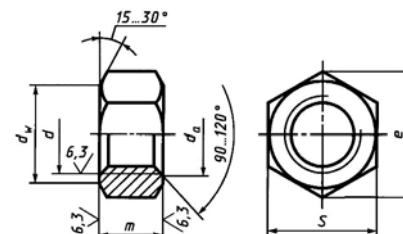


Рис. 10. Контролируемые параметры гайки шестигранной

Средства измерения выбирают с учётом следующих основных факторов: производственной программы; особенностей конструкции детали и точности её

изготовления (каллитета); погрешности выбранного измерительного средства и себестоимости измерения. Квалитет определяет допускаемую погрешность измерения.

Измерения, проводимые при производстве крепёжных изделий, проводятся в основном следующими измерительными средствами: калибрами, универсальными средствами, оптико-механическими и оптическими приборами.

При серийном производстве основными средствами контроля размеров являются предельные калибры и шаблоны.

Остановимся на контроле резьбы у крепёжных изделий.

Т. к. характерный тип производства при изготовлении крепёжных изделий, как правило, крупносерийный или массовый, соответственно при контроле резьбы применяются предельные калибры. Калибры применяются по ГОСТ 24939-81 «Калибры для цилиндрических резьб».

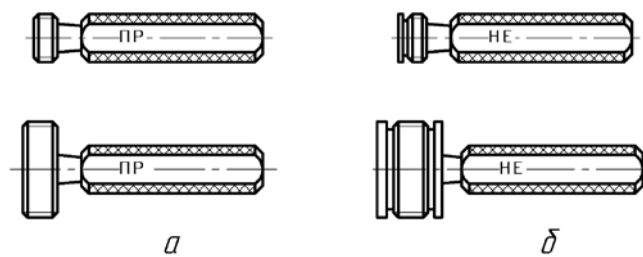


Рис. 11

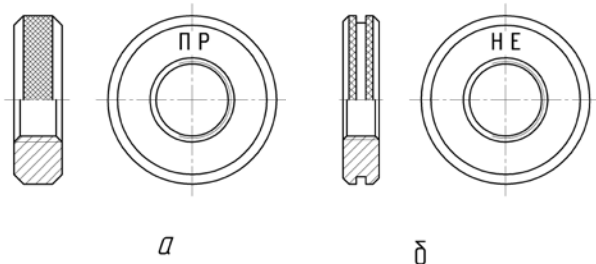


Рис. 12

Калибры для внутренней резьбы

Резьбовой проходной калибр — пробка ПР (рис. 11, а) контролирует наибольший средний диаметр (приведённый средний диаметр) и, одновременно, наибольший внутренний диаметр внутренней резьбы.

Внутренний диаметр резьбы этим калибром не контролируется.

Калибр должен свободно навинчиваться в контролируемую резьбу. Свинчиваемость калибра с резьбой означает, что приведённый средний диаметр резьбы не больше установленного наибольшего предельного размера, а наружный диаметр внутренней резьбы

не больше наименьшего наружного диаметра наружной резьбы.

Резьбовой непроходной калибр — пробка НЕ (рис. 11, б) контролирует наибольший средний диаметр внутренней резьбы.

Калибр, как правило, не должен навинчиваться в контролируемую резьбу.

Допускается ввинчивание калибра до двух оборотов (у сквозной резьбы с каждой из сторон). При контроле коротких резьб (до 4-х витков) ввинчивание калибра-пробки допускается до двух оборотов или в сумме с двух сторон.

Калибры для наружной резьбы

Резьбовой проходной нерегулируемый калибр — кольцо ПР (рис. 12, а) контролирует наибольший средний диаметр (приведённый средний диаметр) и, одновременно, наибольший внутренний диаметр наружной резьбы.

Наружный диаметр резьбы этим калибром не контролируется.

Калибр должен свободно навинчиваться на контролируемую резьбу. Свинчиваемость калибра с резьбой означает, что приведённый средний диаметр резьбы не больше установленного наибольшего предельного размера, а внутренний диаметр наружной резьбы не больше наименьшего внутреннего диаметра внутренней резьбы.

Резьбовой непроходной нерегулируемый калибр — кольцо НЕ (рис. 12, б) контролирует наибольший средний диаметр наружной резьбы.

Калибр, как правило, не должен навинчиваться на контролируемую резьбу.

Допускается навинчивание калибра до двух оборотов. При контроле коротких резьб (до 3-х витков) это не допускается.



Рис. 13. Испытание болтов на минимальную разрушающую нагрузку

Контроль механических свойств

При контроле механических свойств крепёжных изделий руководствуемся следующими стандартами:

- ГОСТ Р 52627-2006 «Болты, винты, шпильки. Механические свойства и методы испытаний»;
- ГОСТ Р 52628-2006 «Гайки. Механические свойства и методы испытаний»;
- ГОСТ Р ИСО 8839-2009 «Механические свойства крепёжных изделий. Болты, винты, шпильки и гайки из цветных металлов»;
- ГОСТ Р ИСО 16047-2009 «Изделия крепёжные. Испытание крутящего момента и усилия предварительной затяжки».

В вышеуказанных стандартах определены все виды испытаний для идентификации механических свойств, маркировки крепёжных изделий.

Контроль качества покрытия

При контроле качества покрытия крепёжных изделий руководствуемся следующими стандартами:

- ГОСТ 9.303-84 «Покрытия металлические и неметаллические неорганические»;

- ГОСТ Р 51163-98 «Покрытия термодиффузионные цинковые на крепёжных и других мелких изделиях»;
- ГОСТ Р ИСО 4042-2009 «Изделия крепёжные. Электролитические покрытия».

В качестве примера рассмотрены основные этапы проведения контрольных операций для болтов и гаек.

Для других видов крепёжных изделий также существуют нормативные документы по контролю качества.

Если деталь не является стандартной, тогда между потребителем и поставщиком согласовывается чертёж, с указанием технических требований, в которых отражены параметры качества.

Литература

1. Лукша О.Г., Напалков А.В. О причинах дефектов при производстве крепежа // ШИГ, 2001, № 5 (16).
2. Лукша О.Г. Возникновение дефектов при накатывании резьбы // Метизы, 2006, № 3 (13).
3. Лукша О.Г. Дефекты при производстве крепёжных деталей методами объёмной штамповки // Метизы, 2007, № 1 (14).

НПО «ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ» ООО «АЛМА»**ПРЕДЛАГАЕТ:**

- Научноёмкую методологию создания новых изделий и высоких технологий с применением программных средств ПРИАМ и др.
- Технологии термофрикционной обработки (ТФО). Разработка, опытная проверка, реализация.
- Многофакторные эксперименты (МФЭ) в технологии. Консультации, применение в конкретных технологических процессах.
- Нетрадиционные технологии. Проработки, проведение опытных работ.
- Базы данных по ТФО, МФЭ, инструменту, оснастке и др.

ПРИГЛАШАЕМ К СОТРУДНИЧЕСТВУ**Санкт-Петербург****факс: (812) 337-17-06****e-mail: tmt@fastinfo.ru****ПРЕДЛАГАЕМ УСЛУГИ В ПОМОЩЬ МАЛЫМ И СРЕДНИМ ПРЕДПРИЯТИЯМ, СВЯЗАННЫМ С ПРОИЗВОДСТВОМ И РЕАЛИЗАЦИЕЙ КРЕПЁЖНЫХ СИСТЕМ**

- Экспертная оценка возможности изготовления востребованных на рынке изделий холодной высадкой, подробные консультации и рекомендации
- Консультации при поиске и подборе нового и б/у холодновысадочного, резьбонакатного, резьбонарезного оборудования для реализации Ваших планов и проектов
- Консультации по схемам холодного пластического формообразования стандартных, специальных и прогрессивных крепёжных систем
- Консультации при разработке технологических процессов и маршрутов изготовления крепёжных деталей

Ваши вопросы и запросы по оказанию указанных услуг Вы можете направить научному редактору журнала «Крепёж, клеи, инструмент и...», канд. техн. наук Напалкову Александру Валерьевичу по электронной почте на адрес: NaпalkovAV@mail.ru

Вас заинтересует информация по холодной высадке, размещённая на сайте www.nav.t-k.ru

Напалков А.В., к.т.н.

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА КРЕПЕЖА У ИЗГОТОВИТЕЛЯ И ПРОДАВЦА

В настоящее время с целью снижения производственных затрат на себестоимость продукции большинство производителей метизной продукции ежегодно проводят внутренние ресурсосберегающие мероприятия, результатом которых в ряде случаев является снижение качества выпускаемой продукции. Применение дешёвых, низкого качества основных и вспомогательных материалов, уменьшение технологических операций, исключение межоперационного контроля, снижение затрат на упаковку, хранение, межоперационную транспортировку в результате приводит к выпуску продукции с неуправляемыми свойствами, скрытыми дефектами, зачастую несоответствующей нормативно-технической документацией. В погоне за максимальной прибылью производители метизной продукции, особенно при массовом производстве, стремятся максимально снизить себестоимость производства. Экономия на тепло-, электроносителях, эксплуатация оборудования с высокой степенью износа, невыполнение планово-предупредительного ремонта оборудования, низкое качество инструмента, привлечение неквалифицированного производственного и технического персонала, низкая производственная дисциплина и культура производства являются причинами плохого внешнего вида продукции, загрязнённости её отработанной технологической смазкой, наличия на деталях стружки и грязи.

Сертификаты менеджмента качества и сертификаты соответствия метизной продукции на метизных заводах в большинстве случаев подтверждаются не чаще, чем в полгода после аудита трёх-четырёх подразделений, зачастую к которому специально ведётся подготовка и предоставляются образцы деталей, отобранных специально для проверки.

Качество товарной продукции у дилеров или в торговых точках напрямую зависит от поставщика-производителя и интересов дилера-посредника для последующей её перепродажи. В ряде случаев несоответствующая продукция производителя попадает через посредника на автосборочный конвейер, что даёт возможность в случае личного интереса посредника получить прибыль на сниженных ценах несоответствующей продукции производителя, одновременно востребованной на рынке. В то же время одна и та же продукция у дилеров или в торговых точках может быть от разных производителей с разным уровнем качества, в том числе и со скрытыми дефектами. Дилеры приобретают продукцию у заводов-изготовителей зачастую на условиях

«как есть», полностью доверяя данным сертификата соответствия завода-производителя, заинтересованного сбыть всю производимую продукцию. Продавцы специализированных магазинов зачастую не имеют достаточных знаний в технических и технологических особенностях требований нормативной документации на крепёж. Поэтому продукция попадает потребителю иногда совершенно неудовлетворительного качества и с несоответствующими эксплуатационными свойствами. «Мешанина» (смешанная продукция с разным шагом резьбы, разных типоразмеров или видов), несоответствие формы и геометрии детали, недопустимые скрытые внутренние дефекты и дефекты поверхности, несоответствие заданной марки стали, несоответствие механических свойств детали, несоответствие микро-, макроструктуры, несоответствие коррозионной стойкости защитного покрытия — далеко неполный перечень несоответствий технических требований на крепёжные детали, периодически выявляемых на входном контроле или на сборочных операциях при производстве автомобильной или автотранспортной продукции.

Обнаруженная у потребителя дефектная продукция, согласно двухстороннему договору, предъявляется посреднику для замены или возврата затраченных средств с компенсацией убытков от недополученной прибыли. В ряде случаев рассматривается вариант о замене или компенсации продукции, отошедшей в процессе сборки. Посредник в большинстве случаев переадресовывает претензии производителю. В случае выявления значительного количества дефектной продукции, вся продукция возвращается производителю. При этом производитель несёт значительные затраты как на транспортировку продукции, так и на компенсацию убытков, и самое главное — теряет статус «надёжного поставщика». Статус «надёжного поставщика» одновременно теряет дилер, посредник или торговая точка, откуда была получена продукция, что, несмотря на низкие цены, снижает уровень доверия к любой другой продукции от данного поставщика, а торговая точка, дилер или поставщик-производитель получает статус «ненадёжного поставщика». Возобновить поставки бывает возможно только после многократных испытаний опытных и опытно-промышленных партий деталей через значительное время.

Для метизной продукции, поставляемой на автозаводы, предъявляются специальные требования и для хранения. В процессе хранения на централизованном

складе производителя или дилера возможны ситуации смешивания продукции, просыпания и попадания в тару грязной продукции, хранения во влажной среде, что может приводить к возникновению коррозии, при перетаривании — к возникновению забоин на наружной резьбе, особенно на деталях с низким классом прочности.

Независимый технический контроль качества крепёжных деталей у производителя, дилера и потребителя особенно актуален в связи с постоянным повышением требований в автомобильной и автотранспортной промышленности.

Современные требования автопроизводителей в России к поставщикам автокомпонентов регламентированы стандартами ГОСТ Р ИСО 16426-2009 [1], ГОСТ Р ИСО 3269-2009 [2] и ISO/TS 16949:2002 (ГОСТ Р 51814.1-2004) «Система менеджмента качества в автомобилестроении. Особые требования по применению ГОСТ Р ИСО 9001-2001 в автомобильной промышленности и организациях, производящих соответствующие запасные части» [3]. Стандарт предусматривает постоянное улучшение качества, предупреждение появления дефектов и уменьшение излишних затрат в цепочке поставок. Выполнение требований и рекомендаций стандартов ГОСТ Р ИСО 16426-2009, ГОСТ Р ИСО 3269-2009 и международного стандарта ISO/TS 16949:2002 (ГОСТ Р 51814.1-2004 ... ГОСТ Р 51814.7-2005) в области качества позволит значительно повысить конкурентоспособность производственного предприятия, торговой компании, потребителя автокомпонентов, расширить рынки сбыта продукции, снизить себестоимость и увеличить объёмы продаж. В дополнение к ГОСТ Р 51814.1-2004 требования ISO/TS 16949:2002 (TS-2) отражены в национальных стандартах России ГОСТ Р 51814.2-2001, ГОСТ Р 51814.3-2001, ГОСТ Р 51814.4-2004, ГОСТ Р 51814.5-2005, ГОСТ Р 51814.6-2005, ГОСТ Р 51814.7-2005 [4, 5, 6, 7, 8, 9].

Несмотря на то, что стандарт ISO/TS 16949:2002 (ГОСТ Р 51814.1-2004) разработан для организаций-производителей продукции, те же требования могут быть справедливы и для дилера и потребителя продукции, как обратная связь с потребителем по качеству продукции.

В каждом случае договором поставки продукции между продавцом и покупателем автодеталей оговаривается допустимый уровень дефектности продукции ppm (part per million) — количество дефектных деталей из миллиона деталей массового производства. И в случае превышения согласованной нормы дефектности потребитель вправе требовать компенсации дополнительных прямых и косвенных затрат. Гарантийный срок эксплуатации автодетали равен гарантийному сроку автомобиля или автодвигателя, на который она установлена.

В то же время, по оценкам некоторых экспертов, из 2000 поставщиков автомобильных компонентов,

работающих в России, менее 5 % соответствуют международным стандартам качества, а уровень дефектности у российских производителей компонентов многократно превышает требуемые показатели. Так, если требуемый уровень дефектности по стандарту ISO/TS 16949:2002 (TS-2) должен быть менее 70 ppm, то средний уровень дефектности у российских поставщиков превышает 1000 ppm.

Для обеспечения уровня дефектности менее 70 ppm необходимо: во-первых, обеспечение качества самих технологических процессов, и, во-вторых, автоматизированный сплошной контроль качества деталей на последней операции перед упаковкой продукции.

Для обеспечения качества технологических процессов службам качества необходимо переключить своё внимание с задач контроля качества продукции на задачи слежения за процессами производства, т.е. на задачи статистического управления процессами (SPC). В современной системе методических документов ведущих автопроизводителей мира QS-9000 [10] отсутствует документ по контролю качества, но есть подробно описанный документ по статистическому управлению процессами [11]. Основной задачей SPC является отыскание факторов («особых причин», по В. Шухарту), которые нарушают стабильное течение процесса. Такие факторы, если они будут обнаружены, в дальнейшем должны быть устранены или заблокированы в производстве. При этом улучшится стабильность технологического процесса, и, как следствие, будет снижен уровень несоответствий. Предполагается, что такая работа должна вестись в производстве постоянно.

Измерения должны проводиться с соответствующей точностью. Работа с процессами на уровне «ПР (проход) — НЕ (непроход)», например при помощи традиционных калибров, недопустима. Явное нарушение технологического процесса в этом случае будет выявлено уже при свершившемся факте нарушения допуска. А современные методы контроля направлены на работу с предупреждениями несоответствий, а не с фактами их появления. В тех случаях, когда контроль технологического процесса удобнее проводить калибрами или шаблонами, можно использовать несколько калибров (шаблонов) с контролем по суженным границам допуска [12, 13]. Сужение допуска делается не для ужесточения исходных технических требований, а для простоты получения контролируемых данных. По эффективности этот метод лишь немного уступает методу с использованием универсальных контрольно-измерительных инструментов и приборов, но значительно проще в применении.

Необходимо учитывать случаи, когда заказы крепежа определяются в объёме 100 ... 500 кг. Из расчёта веса одной детали, например 1/13069/21 болт M10x1,25x30, равной 0,027067 кг, заказ составляет

3 694 ... 18 472 шт. Тогда требования потребителей, например ОАО «АвтоВАЗ», в 50 ррт из объёма поставки составляют 0,1847 ... 0,9236 шт., т. е. не имеют физического смысла.

Использование универсальных контрольно-измерительных инструментов и приборов позволяет определить фактическое значение для последующего анализа устойчивости процесса и своевременной корректировки. Некоторые примеры современных универсальных контрольно-измерительных инструментов и приборов представлены на *фото 1 – фото 6*.

Автоматизированный сплошной контроль качества деталей получил наибольшее распространение в Европе, Америке и Юго-Восточной Азии. Использование оптических сортировочных машин на окончательной стадии производства позволяет с высокой производительностью автоматизировать контроль по поверхностным дефектам, дефектам формы и по отклонениям геометрических размеров. Встроенный магнитный прибор позволяет при 100 % контроле выявить скрытые металлургические дефекты и контролировать возможность их возникновения при производственном процессе. Современные оптические сортировочные машины делают ручную сортировку предметом прошлого.

В современные оптические сортировочные машины заложен высокоточный метод измерения, позволяющий точно (точность измерения до 10 мкм) и быстро произвести

геометрические измерения. Скорость измерения достигает 60 ... 600 шт/мин. Менее чем за 3 ... 10 минут возможно перепрограммирование на другую деталь. В оборудование встроен метод статистического управления процессами (SPC), позволяющий обеспечить до 0 ррт уровень дефектной продукции. Возможен вывод отчёта качества измерений. Возможен контроль деталей сложных форм. Машина имеет широкий диапазон диаметральных ($\varnothing 2 \dots 25$ мм) и линейных (5 ... 150 мм) измерений крепёжных деталей. Также машина позволяет определить и рассортировать покрытые и непокрытые детали, с резьбой и без резьбы, с повреждениями резьбы, отсортировать детали с отклонениями наружного, среднего или внутреннего диаметра резьбы, по высоте, ширине головки, глубине углубления в головке, с трещинами на головке, с кривизной стержня детали, по фаске. Встроены такие дополнительные функции, как подсчёт количества деталей и автоматическая упаковка, звукоизоляция и пыленепроницаемая конструкция. Оптические сортировочные машины позволяют контролировать как стержневые детали типа «болт», так и детали типа «гайка» (*фото 7*).

В крупных торговых компаниях, в сети магазинов или торговых точек эффективным способом решения вопросов качества продукции и увеличения объёма продаж является организация современного технического центра.



Фото 1. Микрометр с цифровой индикацией



Фото 2. Штангенциркуль с цифровой индикацией



Фото 3. Глубиномер с цифровой индикацией



Фото 4. Нутромер с цифровой индикацией с контактом по трём направлениям для сквозных и глухих отверстий



Фото 5. Толщиномер гальванических и лакокрасочных покрытий

Специалисты технического центра помогут квалифицированно решить следующие задачи:

- помощь в выборе крепёжных деталей с необходимыми техническими требованиями;
- сопоставление параметров отечественных изделий и их зарубежных аналогов;
- проведение демонстрационных испытаний на объекте заказчика;
- продвижение новых крепёжных систем и расширение ассортимента продукции;
- определение оптимальных современных технических методов, оборудования, инструмента и приборов для входного контроля закупаемой продукции;
- подготовка предложения по необходимости дополнительных контрольных исследований качества крепёжных деталей до покупки продукции;
- технические мероприятия по хранению, учёту и идентификации продукции;
- проведение анализа причин и подготовка эффективных мероприятий в случае рекламации продукции;
- консультации и привлечение заказчиков подробным разъяснением технических требований к конструкции, механических и эксплуатационных свойств реализуемых крепёжных деталей.

При оборудовании технического центра соответствующим иллюстрированным материалом возможно проведение эффективного обучения менеджеров по продажам и семинаров для потенциальных и постоянных заказчиков по вопросам конструкции современного крепежа, технических требований, технологии производства и обеспечения товарного качества.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО 16426-2009 «Изделия крепёжные. Система обеспечения качества».
2. ГОСТ Р ИСО 3269-2009 «Изделия крепёжные. Приёмочный контроль».

3. ГОСТ Р 51814.1-2004 (ISO/TS 16949:2002) Система менеджмента качества в автомобилестроении. Особые требования по применению ГОСТ Р ИСО 9001-2001 в автомобильной промышленности и организациях, производящих соответствующие запасные части.

4. ГОСТ Р 51814.2-2001 (ISO/TS 16949:2002) Система качества в автомобилестроении. Метод анализа видов и последствий потенциальных дефектов.

5. ГОСТ Р 51814.3-2001 (ISO/TS 16949:2002) Система качества в автомобилестроении. Методы статистического управления процессами.

6. ГОСТ Р 51814.4-2004 (ISO/TS 16949:2002) Система менеджмента качества в автомобилестроении. Одобрение производства автомобильных компонентов.

7. ГОСТ Р 51814.5-2005 (ISO/TS 16949:2002) Система менеджмента качества в автомобилестроении. Анализ измерительных и контрольных процессов.

8. ГОСТ Р 51814.6-2005 (ISO/TS 16949:2002) Система менеджмента качества в автомобилестроении. Менеджмент качества при планировании, разработке и подготовке производства автомобильных компонентов.

9. ГОСТ Р 51814.7-2005 (ISO/TS 16949:2002) Система менеджмента качества в автомобилестроении. Оценка систем менеджмента качества.

10. Quality System Requirements. QS-9000. Требования к системам качества. QS — 9000. Перевод с англ. Издание 2-е исправл. — Н. Новгород: СМЦ «Приоритет», 1997 г. — 108 с.

11. Статистическое управление процессами. SPC: Пер. с англ. — Н. Новгород: АО НИЦ КД, СМЦ «Приоритет», 2001. — 181 с.

12. Розно М.И. Регулирование процессов на основе данных по альтернативному признаку по суженному допуску // Методы менеджмента качества, 2001, № 12, с. 27–33.

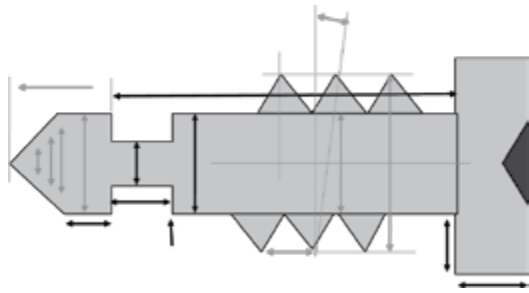
13. Mark I. Rozno. Statistical Process Control Based on Attribute Data Obtained by a Narrowed Tolerance // Economic Quality Control, vol. 16 (2001), № 2, p. 211–225.



Фото 7. Оптическая сортировочная машина



Фото 6. Твёрдомер динамический



Для контроля геометрических размеров изделий зарубежные фирмы-поставщики крепежа используют измерительные проекторы.



Фото сделано в лаборатории фирмы Aztek Nordic (Финляндия).

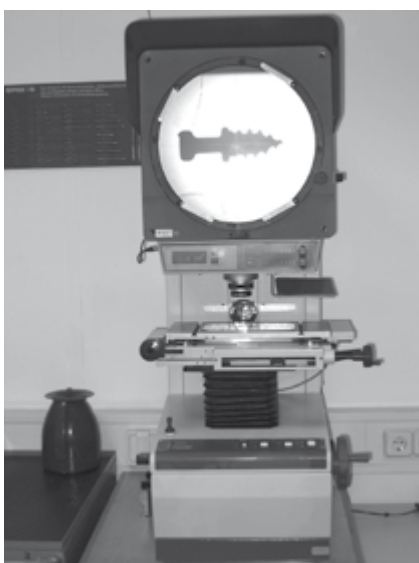


Фото сделано в лаборатории компании Joseph Dresselhaus GmbH & Co. KG (Германия).

Из презентации фирмы Hilker & Partner GmbH на конференции «Современное производство крепежа»*

Определение качества при производстве крепежа

Производители пытаются контролировать детали во время производства и избежать тем самым производства дефектных деталей. За счёт этого значения ppm удаётся значительно улучшить.

Основываясь на результатах исследования с привлечением 80 производителей крепежа, Немецкий союз производителей крепежа провёл в 2007 году исследование, каких показателей ppm можно добиться в процессе изготовления.

Результаты оказались очень неутешительными.

Максимум, чего можно добиться с использованием современного оборудования, — примерно 250–500 ppm. Это означает необходимость обязательного 100% контроля с использованием автоматических сортировочных и испытательных машин.

При этом различают испытательные машины, которые интегрированы в сам процесс, что позволяет контролировать отдельные показатели и заключительный контроль, когда все значимые показатели проверяются за один проход, часто вместе с интегрированной упаковкой. Заключительный контроль — это самое надёжное и удобное решение, но для этого требуются особенно гибкие и быстрые испытательные машины, чтобы одна испытательная машина могла обслуживать как можно больше производственных установок.

* Презентация высылается подписчикам журнала по запросу.

Статьи по теме «Контроль качества крепежа», опубликованные в журнале «Крепёж, клеи, инструмент и ...»

О контроле качества импортных саморезов со сверлом

В статье отмечается, что ситуация с качеством ввозимых на российский рынок саморезов очень тревожная. Предлагается проводить тестовые проверки крепежа в испытательной лаборатории. Опубликованы результаты испытаний самосверлящих винтов, проведённых в ООО «БОЛТ.РУ».

Журнал «Крепёж, клеи, инструмент и ...»
№ 1, 2009.

PACE оборудование для контроля крепёжных деталей

Статья представляет оборудование для контроля всех видов крепёжных деталей, которое производит фирма Hilker & Partner GmbH. Это машины PACE для 100% контроля качества крепежа. Приводятся способы контроля разных параметров деталей и характеристики оборудования.

Журнал «Крепёж, клеи, инструмент и ...»
№ 4, 2009.

Сляднев А.М., генеральный директор
ООО «Вотум»

АКУСТИЧЕСКОЕ ТЕНЗОМЕТРИРОВАНИЕ РЕЗЬБОВЫХ ДЕТАЛЕЙ РАЗЪЁМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Сегодня методы акустической тензометрии вышли за пределы теоретико-экспериментальных исследований и находят всё большее практическое применение в промышленности. Контроль усилий (напряжений) в материалах различных объектов осуществляется методом акустической тензометрии, который представляет собой совокупность методов и средств контроля, основанных на измерении параметров ультразвуковых волн, распространяющихся в напряжённо-упругой среде.

Область применения акустической тензометрии в промышленности достаточно широка — это судостроение, автомобилестроение, авиационная, аэро-

космическая и военная техника, тепловая и атомная энергетика, нефтегазовая отрасль, шельфовая нефтедобыча и другие отрасли.

В 2003–2004 гг. по заданию НПО «Энергомаш» им. В.П. Глушко, г. Химки, специалистами компании «Вотум» в рамках переоснащения новой техникой была разработана специализированная программа «Акустический тензомер» к дефектоскопу УД4-Т, отвечающая требованиям ОСТ 92-9521 и предназначенная для контроля усилия затяжки разъёмных соединений жидкостно-реактивных двигателей. Однако наличие специфических требований, реализованных в данной программе, препятствовало её широкому применению. Учитывая широкий интерес различных отраслей промышленности к контролю усилий затяжки акустическим методом, была разработана универсальная методика акустической тензометрии, представленная в УД4-Т как отдельное программное приложение. Программа реализует способ акустической (ультразвуковой) тензометрии, основанный на зависимости скорости распространения ультразвуковых (УЗ) волн в материалах от воздействия на них механических напряжений. Использование этой зависимости осуществляется прецизионным измерением времени распространения УЗ волн в материале контролируемого изделия.



Универсальный дефектоскоп «Томографик» УД4-Т заменяет набор различных по назначению дефектоскопов. Выбор и активизация необходимого приложения происходит по аналогии с «Windows» при помощи пользовательского «меню», где каждая задача является самостоятельным прибором неразрушающего контроля (НК): «Дефектоскоп», «Толщиномер», «Тензомер» и т.п. «Томографик» УД4-Т сочетается с различным специализированным оборудованием неразрушающего контроля и имеет широкий набор сопутствующих аксессуаров (датчик пути, акустический сканер и др).

В базовый комплект поставки входят:

- электронный модуль УД4-Т
- сетевой адаптер с кабелем
- аккумуляторная батарея
- ПО «УЗ дефектоскоп общего назначения»
- ПО «Паспортизация ПЭП»
- ПО «АРМ дефектоскописта»

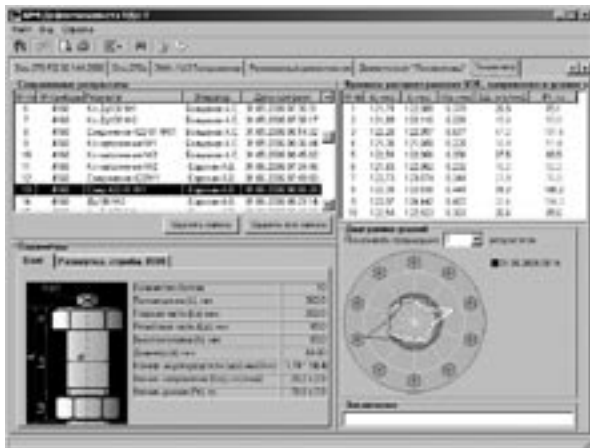
Работа с УД4-Т в режиме «Тензомер»

Программное обеспечение для работы в этом режиме основано на единой интерфейсной концепции, применяемой в УД4-Т, что значительно облегчает процесс обучения и работы с программой «Тензомер».

Первым этапом работы является создание настроек для контроля каждого из имеющихся типов болтов и/или шпилек. Настройка на конкретный тип болта или шпильки сохраняется в памяти прибора. Всего можно создать 500 настроек.

Вторым этапом работы с программой является непосредственно контроль усилий затяжки. Для этого необходимо загрузить из архива настройку на тип болта (шпильки), используемый в контролируемом соединении.

Отображение результатов контроля в виде диаграммы позволяет в наглядной форме оценить распределение напряжений по всему соединению.



Отображение результатов в виде таблицы позволяет одновременно увидеть значения времён распространения продольных волн, а также усилий и напряжений для всех болтов (шпилек).

В программе существует также режим перепроверки соединений, которые уже подвергались контролю ранее. При этом на экране отображается как текущая диаграмма усилий, так и диаграмма усилий, которая была получена при предыдущем контроле. Это позволяет следить за изменениями уровня затяжки, которые происходят в соединениях с течением времени.

Параметры соединения и диаграмма усилий, представленные в форме карты контроля, анализируются дефектоскопистом.

Результаты промышленного использования

На металлургическом заводе г. Выкса (ООО «ВМЗ») при контроле оборудования пресса П9057ТЭСК ТБД (трубо-электросварочный комплекс производства труб большого диаметра) действовала методика определения затяжки шпилек, которая осуществляется с помощью накидного ключа с наваренным рычагом

длиной 280 мм и меткой места, куда необходимо ударять кувалдой. Соединения в большинстве своём не имели прокладок, и затяжка определялась по изменению звука (на слух до «звона») при ударе. Эта методика сборки имела большую погрешность определения величины усилия «затяжки», из-за чего были случаи обрыва шпилек и болтов с потерями при производстве труб. Поэтому было решено применить метод акустической тензометрии.

В настоящее время с использованием УД4-Т осуществляется мониторинг резьбовых разъёмных соединений: болтов М64; шпилек М55, М64, М90, М130. Материал деталей в основном — стали 40Х, 35 и 38 Х2МЮА.

Метод акустической тензометрии успешно применяется на практике и даёт существенное повышение точности и, что немаловажно, оценку равномерности степени затяжки резьбовых соединений по сравнению с другими методами оценки.

Литература

1. Бобренко В.М., Покладов А.А., Рудаков А.С. и др. Универсальные электронные средства УЗ НК в приложении к ультразвуковой тензометрии. // Контроль. Диагностика, 2004, № 11, с. 40–44.
2. Покладов А.А., Рыльский В.Е., Антох В.Н., Габуров А.Г. УД4-Т НУ-01 — новый подход к решению традиционных задач. // В мире неразрушающего контроля, 2005, №1(27), с. 64–67.
3. Биргер И.А., Иосилевич Г.Б. Резьбовые и фланцевые соединения. — М.: Машиностроение, 1990. — 365 с.
4. Ермолов И.Н., Ланге Ю.В. Неразрушающий контроль / Справочник // Под ред. Клюева В.В.. Т. 3: Ермолов И.Н., Ланге Ю.В. Ультразвуковой контроль — М: Машиностроение, 2006. — 864 с.

www.EXPONET.ru

ВЫСТАВКИ РОССИИ, СНГ и МИРА

Проект EXPONET.RU является ведущим выставочным порталом в рунете.

На его страницах информация о более 4000 предстоящих торгово-промышленных выставках с подробным описанием, условиями участия, более 2000 каталогов участников всевозможных выставок.

*Горшков А.И., к.т.н., ведущий научный сотрудник
Гренчук А.М., инженер
ФГУП «Крыловский государственный научный центр»*

Груздев В.В., главный инженер ОАО «Завод «Кризо»

ТЕРМОБИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ ПЕРЕГРЕВА РЕЗЬБОВЫХ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Неудовлетворительное состояние контактных соединений электрооборудования и кабелей является причиной многих пожаров на судах. При длительной эксплуатации электрооборудования, из-за воздействия коррозионных процессов, вибраций и ударных нагрузок, релаксации механических напряжений в резьбовом соединении, а также и других причин, усилие затяжки резьбы ослабевает. Недостаточное усилие затяжки резьбы приводит к увеличению переходного сопротивления контакта, в результате чего происходит нагрев и даже локальное плавление участков металла на соприкасающихся поверхностях контактной пары. Поддержание контактов в надлежащем состоянии осложняется тем, что с течением времени они изменяют свои свойства: под действием воздуха и влаги происходит химическое и физическое старение металла. Поэтому все разборные контакты требуют регулярного обслуживания.

В соответствии с ГОСТ 23396 «Устройства электротехнические. Общие технические требования», при необходимости контроля качества разборных контактных соединений рекомендуется оборудовать их средствами технической диагностики, позволяющими производить контроль их качества в процессе эксплуатации.

Периодическая ручная подтяжка резьбовых контактов во время регламентных работ, не предъявляя специальных требований к квалификации обслуживающего персонала, имеет высокую трудоёмкость применительно к тысячам контактных соединений электрооборудования в электроэнергетической системе судна. На практике это ведёт к игнорированию обязательности подтяжки резьбовых контактов, тем более, что для многих контактных соединений в подтяжке, как правило, нет необходимости, но из-за ослабления единичных контактов необходимо проверять все остальные.

Визуальный контроль по наличию почернения контактов и/или обгорания изоляции также не предъявляет специальных требований к квалификации обслуживающего персонала. Однако для него характерно слишком позднее выявление дефекта, когда деградация контакта переходит в опасную стадию.

Измерение переходного сопротивления контакта обеспечивает высокую достоверность диагностики, но это трудоёмкая операция, требующая специализированного оборудования.

Тепловизионная диагностика обеспечивает высокую достоверность диагностики состояния контактного соединения при низкой трудоёмкости. Но на судах и ряде других подобных объектов во время их эксплуатации из соображений безопасности невозможен открытый доступ к полости щитов, поэтому тепловизионный контроль неприменим. А при регламентном обслуживании их электрооборудования невозможно обеспечить реальные эксплуатационные нагрузки на диагностируемые контактные соединения.

Наглядность диагностики также обеспечивают термоиндикаторные краски и карандаши. Но после подтяжки контактов краски необходимо удалять органическими растворителями. Ресурс краски ограничен, подвержен влиянию окружающей среды. Нанесение красок связано с подготовкой поверхности, что требует выполнения малярных работ в щитах и полости оборудования. Поэтому их использование на судах неэффективно.

Индикаторы перегрева с легкоплавким припоем опасны, так как в аварийных режимах при токах коротких замыканий возможно разбрызгивание припоя, провоцирующее возникновение электрической дуги.

Разработанные индикаторы перегрева контактов предназначены для диагностики ослабления затяжки резьбовых контактных соединений применительно к судовым условиям.

Конструктивно индикатор оформлен в виде накладной детали, заменяющей шайбу резьбового соединения или располагаемой между гайкой и шайбой резьбового соединения. Индикатор представляет собой сложенную пополам термобиметаллическую пластину с отверстием, соответствующим диаметру контактного стержня. Чувствительным элементом индикатора является пара лепестков, находящихся во взаимном зацеплении и расположенных с возможностью взаимного углового смещения под острым углом друг к другу (*рис. 1*). При повышении температуры контактного соединения угол между парой указанных лепестков за счёт разности коэффициентов линейного температурного расширения активного и пассивного слоёв термобиметаллической пластины увеличивается пропорционально температуре перегрева, и лепестки расцепляются. После остывания контактного соединения лепестки остаются в расцепленном состоянии (*рис. 2, рис. 3*). Возможен вариант конструктивного исполнения,

при котором лепестки в исходном состоянии расцеплены, сцепляясь при перегреве контактного соединения.

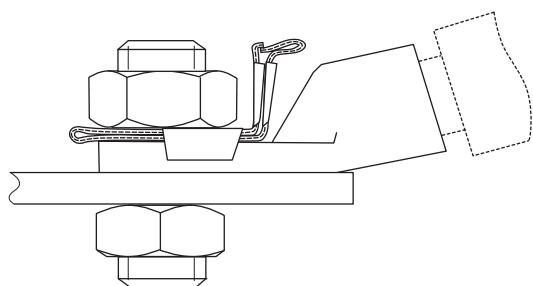


Рис. 1. Индикатор в рабочем состоянии контактного соединения

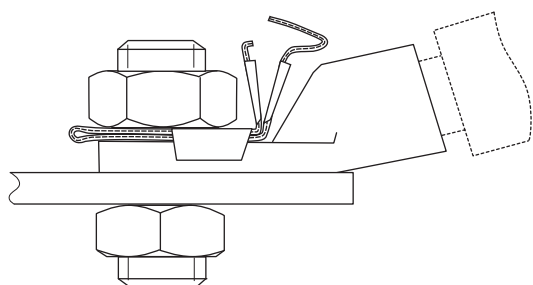


Рис. 2. Индикатор при перегреве контактного соединения

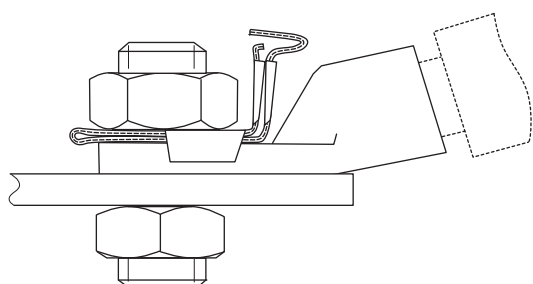


Рис. 3. Индикатор в аварийном состоянии контактного соединения (после остывания)

После восстановления требуемого усилия затяжки резьбового контактного соединения чувствительный элемент индикатора принудительно приводят в исходное рабочее положение.

Применение индикатора не требует изменения конструкции монтажных узлов электрооборудования и конструкции подключаемых к ним токоведущих наконечников жил кабелей. Их преимуществами, по сравнению с вышеприведенными средствами и методами диагностики перегрева резьбовых контактных соединений, является их соответствие специфике эксплуатации судового электрооборудования при невысокой стоимости изготовления и обслуживания.

Конструкция индикаторов характеризуется простотой изготовления, обеспечивающей возможность их массового производства штамповкой и гибкой листового материала, и удобством эксплуатации. Индикаторы состоят из одной детали, что исключает возможность их неправильной сборки, а однозначное соответствие диаметра индикатора диаметру крепёжного отверстия кабельного

наконечника исключают возможность неправильной установки индикатора при монтаже. На рис. 4 показан разработанный индикатор, смонтированный на токоведущем наконечнике с диаметром контактного стержня 16 мм.



Рис. 4. Индикатор перегрева контактов, смонтированный на кабельном наконечнике

Разработанные индикаторы сокращают объём работ по техническому обслуживанию электрооборудования в тех областях, где применение тепловизионного контроля ограничено. Это ограничение может быть обусловлено, как выше упомянуто, техническими обстоятельствами, например, невозможностью визуального доступа к контактам во время работы электрооборудования. Также это ограничение может быть обусловлено экономическими обстоятельствами, например, на территориально разнесённых объектах (например, сельскохозяйственных) с относительно небольшим количеством электрооборудования.

В настоящее время ведутся работы по постановке индикаторов на серийное производство для обеспечения работ по договорам с предприятиями потребителями и поставщиками судового электротехнического оборудования.

Широкое применение разработанных индикаторов позволит снизить вероятность возгораний кабельной проводки, электрооборудования, к которому ограничен визуальный доступ в процессе его работы, а именно такие возгорания являются одной из распространённых причин пожаров на объектах с сильноточным электрооборудованием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горшков А.И., Лазаревский Н.А. Процессы выполнения и контроля контактных соединений при монтаже судового оборудования // Вопросы судостроения, сер. «Судовая электротехника и связь» 1979, вып. 24, с. 3–13.
2. Горшков А.И., Лазаревский Н.А., Тепляков М.В., Висленёв Ю.С. Устройство контроля контактного соединения. Авт. св. № 1354293, 1987 г.

*Мазуров С.Ю., инженер по применению оборудования
ЗАО НПФ «УРАН»*

ЧЕМ ОСНАСТИТЬ ЛАБОРАТОРИЮ?

При тенденции роста объёмов производства положение в отрасли производства метизов нельзя назвать удовлетворительным. Изношенность оборудования достигла критической отметки, сегодня используется оборудование, установленное не только в 80-х годах прошлого века, но и более старое. Замена производственного оборудования на современное происходит крайне медленно, и это ещё больше отодвигает наши предприятия от уровня современного метизного производства, в то время как всё возрастающими темпами увеличивается импорт высококачественных метизов в Россию. Самая сложная в изготовлении группа метизов — крепёж.

Специалисты отмечают, что конкуренция на рынке метизного производства в ближайшем будущем вновь усилится: отечественные производители стремятся максимально загрузить свои мощности, но в то же время иностранные компании продолжают интересоваться российским рынком.

Конкуренция на рынке требует высочайшего качества выпускаемой продукции, поэтому при производстве крепёжных изделий завод-изготовитель вынужден осуществлять тщательный контроль на всех этапах производственного процесса. Изготовление крепежа — сложный многоуровневый процесс, который включает в себя детальную проработку чертежей и согласование спецификаций, контроль характеристик образцов, изготовление пилотных партий, их испытания и пр.



При производстве крепёжных изделий завод-изготовитель вынужден осуществлять тщательный контроль на всех этапах производственного процесса

Каждое крепёжное изделие имеет свои особенности и предназначено для выполнения конкретных задач. Поэтому производители метизов детально изучают особенности и условия применения каждого изделия, тщательно исследуют потребительский рынок с целью выбора оптимальных характеристик крепёжных изделий.

Высокие требования к качеству выпускаемой продукции являются важным фактором, позволяющим рекомендовать себя успешным поставщиком крепёжных изделий на рынке. Для ознакомления с возможностями укомплектования лабораторий и ОТК предприятий, представим здесь самые необходимые измерительные средства для контроля продукции.

Твердомеры и микротвердомеры

Назначение: контроль микротвёрдости в тонких поверхностных слоях и высокоточный контроль твёрдости.

Благодаря этим лабораторным приборам обеспечивается высокоточный контроль твёрдости крепёжных изделий в соответствии с требованиями различных нормативных документов (DIN, ISO, EN, ГОСТ).

Микротвердомеры с системой «Vickers» позволяют производить высокоточное измерение твёрдости в тонких поверхностных слоях крепёжных изделий с целью определения степени науглероживания и обезуглероживания.

Профилографы и профилометры

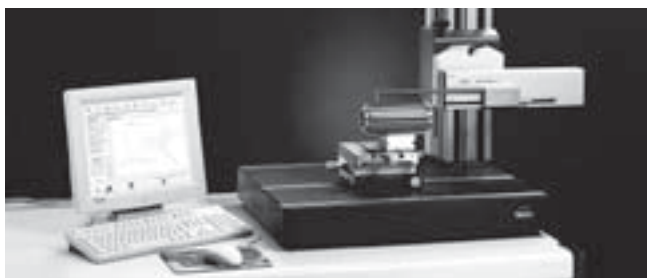


Назначение: измерение шероховатости поверхностей.

Профилографы — приборы на базе ПК, соответствующие высшему уровню техники измерения поверхности. С их помощью определяется более 75 параметров шероховатости, волнистости, Р-профиля и Motif-параметров в соответствии с международными нормами, как на производстве, так и на пунктах ОТК.

Занимающие лидирующие места среди мобильных устройств, портативные профилометры измеряют до 55 параметров шероховатости, волнистости и профиля прямо в процессе производства. Свободное ощупывание и автоматическое обнуление. Отделяемый блок привода позволяет производить измерения в труднодоступных местах.

Контурографы



Назначение: измерение контура и шероховатости за один прогон.

Измерение и оценка функционально важных геометрических параметров деталей и инструментов относятся к элементарным требованиям при исследованиях в технике и промышленности. При помощи новых высокоточных лабораторных установок высшего класса точности (микрометровый диапазон) оценка контура и шероховатости производится всего за одно измерение.

Мультисенсорные координатно-измерительные машины



Назначение: измерение геометрических размеров.

Эти приборы позволяют точно измерять геометрические размеры деталей. Наряду с обыкновенными геометрическими параметрами, такими как длина, ширина, высота, диаметр и др., они позволяют измерить отклонения форм, величины осевого и радиального биений, параллельность, перпендикулярность, соосность, симметричность и др. Микрометровые диапазоны измерительной точности, а также использование разнообразных высокоточных датчиков делают эти машины точнейшими в мире!

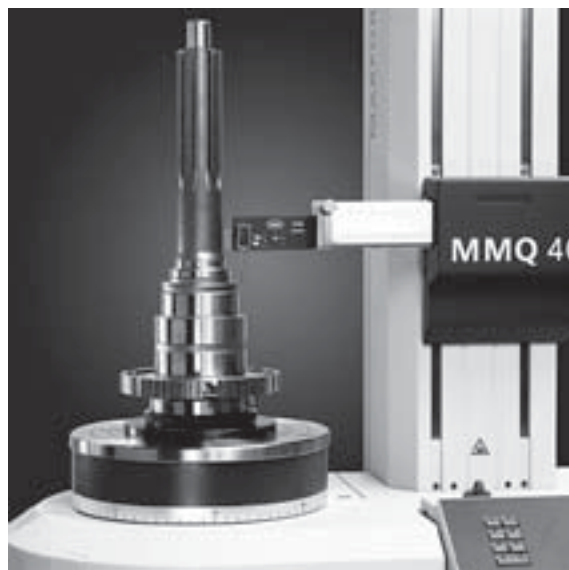
На сегодняшний день рынок измерительного оборудования довольно разнообразен. Но, несмотря на появление сравнительно дешёвых китайских измерительных средств, опытные предприятия отдают предпочтение устоявшимся и проверенным лидерам в своих сегментах, таким как фирма Mahr (Германия), Würth (Германия) и Mitutoyo (Япония).

Профильные измерительные проекторы

Назначение: измерение геометрических размеров.

Профильные измерительные проекторы имеют самый широкий спектр применения и могут устанавливаться непосредственно в цеховой или заводской лаборатории. Позволяют производить замеры линейных, радиальных и угловых размеров крепёжных изделий с погрешностью измерения $(2,5+L/100)$ мкм.

Кругломеры



Назначение: высокоточные измерения отклонений формы цилиндрических деталей.

Кругломеры — это универсальные машины для измерения отклонений формы в производственных и лабораторных условиях. Высокоточные степени подвижности по осям X и Z делают выполнимой любую задачу измерения формы.

Приборы позволяют определять степень радиального и осевого биения деталей, отклонение от круглости, параллельности, плоскостности и многие другие параметры крепёжных изделий, включая соответствия полю допуска по DIN и ISO.

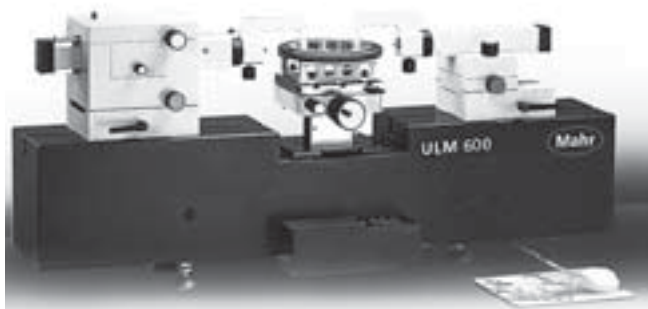
Есть возможность сочетать проверку отклонений формы и положения с контролем показателей шероховатости!

Металлографические микроскопы

Назначение: оценка микроструктуры материалов.

Для оценки микроструктуры крепёжных изделий, определения степени частичного науглероживания и обезуглероживания применяется оптический металлографический микроскоп с камерой. Исследования проводятся на специально подготовленных образцах (шлифах), полученных из соответствующих крепёжных изделий.

Длиномеры



Назначение: высокоточные линейные измерения точных деталей, а также поверка калиберных средств измерения.

С помощью универсальных измерительных машин

могут надёжно и с минимальной погрешностью быть измерены: длины, внешние и внутренние диаметры, цилиндрическая и коническая резьба, гладкие конусы, микрометры, калиберные скобы, индикаторы, датчики и концевые меры длины (КМД), а также высокоточная продукция в области нанометров.

Длиномеры серии ULM решают высокоточные задачи в лабораторных условиях, в то время как непосредственно на самом производстве можно использовать приборы серии Linear, отвечающие всем современным требованиям.

Эти приборы выпускаются с различными измерительными диапазонами (от 300 до 1700 мм), с различной допустимой погрешностью (от $0,7+L/1000$ до $0,055+L/1500$ мкм), благодаря чему для каждой цели может быть выбран оптимальный измерительный прибор.

Возможность поверки различного измерительного инструмента, такого как штангенциркули, микрометры и др.

Благодаря постоянному совершенствованию выпускаемой продукции вы всегда можете ознакомиться с дополнительными аксессуарами и опциями у российских представителей этих фирм. Ведь очень важно выбрать оборудование, соответствующее поставленным задачам не только сегодняшнего, но и завтрашнего дня, для обеспечения выпуска надёжных изделий.

СИБИРСКИЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ

29 января – 1 февраля 2013

Выставка

МЕТАЛЛООБРАБОТКИ И СВАРКИ

Galika AG Шэффлер RusLand SEWEURODRIVE KLINGSPOR ООО «ИТС-Сибирь»
 ООО «Искар РФ» ООО «Интеркос-Туллинг» и другие

Л Презентация возможностей для промышленных предприятий от более 100 компаний-производителей из 6 зарубежных стран (Германия, Украина, Белоруссия, Иран, Финляндия, Китай) и 21 региона России

Дополнительная информация на сайте www.krasfair.ru

**ПРЕДПРИЯТИЯ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ
ГОТОВЫ К ПЕРЕООРУЖЕНИЮ**

Организатор – ВК «Красноярская ярмарка»
 Официальная поддержка:

Информационная поддержка:

МВДЦ «Сибирь», ул. Авиаторов, 19
 тел.: (391) 22-88-400
sfp@krasfair.ru

*Евгений Дюк, глава российского представительства
Dresselhaus*

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА В КОМПАНИИ DRESSELHAUS

Управление качеством продукции в компании Dresselhaus достигается применением самых новейших технологий. Для более детального ознакомления с деятельностью отдела управления качеством рассмотрим его структуру и основные функции.

В состав отдела управления качеством компании Dresselhaus входят три лаборатории, участок подготовки образцов для металлографических и спектрометрических исследований и слесарно-механический участок.

В штате отдела по качеству — ведущий специалист, 3 инженера по качеству, 4 техника-лаборанта.

Чем оснащён отдел управления качеством?

Оснащение отдела определяется задачами проверки параметров, определённых требованиями нормативных документов. Выполнение этих задач — главная функция отдела управления качеством компании Dresselhaus.

Контроль микротвёрдости в тонких поверхностных слоях крепёжных изделий осуществляется микротвердомером. В лаборатории Dresselhaus используется микротвердомер с системой измерения «Vickers», он позволяет производить высокоточное измерение твёрдости в тонких поверхностных слоях крепёжных

изделий с целью определения степени науглероживания и обезуглероживания.

Измерение шероховатости поверхностей деталей производится прибором, предназначенным для определения шероховатости поверхностей согласно требованиям DIN EN ISO 3274.

Для измерения геометрических размеров изделий используется профилепроектор, который позволяет проводить замеры линейных, радиальных и угловых размеров крепёжных изделий. Точность измерений составляет 0,001 мм.



3D-измеритель геометрических параметров также позволяет точно измерять геометрические размеры деталей. Наряду с обыкновенными геометрическими параметрами, такими как длина, ширина, высота, диаметр и др., этот прибор позволяет измерить отклонения форм, величины осевого и радиального биения, параллельность, перпендикулярность, соосность, симметричность и др. Измерительная точность составляет 0,003 мм. Программное обеспечение позволяет представить результаты измерений графически.

Контроль твёрдости проводится с применением твердомера, который обеспечивает высокоточный



контроль твёрдости крепёжных изделий в соответствии с требованиями различных нормативных документов (DIN, ISO, EN, ГОСТ).



Для оценки микроструктуры крепёжных изделий, определения степени частичного науглероживания и обезуглероживания, применяется оптический металлографический микроскоп с камерой. Исследования проводятся на специально подготовленных образцах (шлифах), полученных из соответствующих крепёжных изделий.



Измерение осевого (торцевого) биения проводится на специальном приборе, который позволяет определять степень осевого биения крепёжного изделия и анализировать на соответствие полю допуска, установленному в DIN EN ISO 4759.



Измерение радиального биения выполняется на приборе, который позволяет определять степень радиального биения крепёжного изделия, concentricity and analyze for compliance with tolerance, established in DIN EN ISO 4759.



Контроль применяемого измерительного инструмента (штангенциркули, микрометры и др.) постоянно осуществляется с применением специальных калибров.



Прочностные испытания крепёжных изделий проводятся на испытательных машинах, предназначенных для проведения механических испытаний на растяжение и сжатие в диапазоне нагрузок 6,0–600,0 кН, как специально подготовленных образцов изделий, так и крепёжных изделий в натуральную величину.

Для проведения механических испытаний на растяжение в диапазоне нагрузок до 2,5 кН имеется специальная машина.



Определение химического состава выполняется спектрометром. Оптический эмиссионный спектрометр позволяет определять химический состав металлических материалов крепёжных изделий.



Контроль коэффициента трения в резьбовом соединении определяется на испытательном стенде.



Испытания самонарезающих винтов на вкручивание основано на регистрации времени вкручивания винта самонарезающего в металлическую пластину с регламентированной толщиной и твёрдостью при определённой величине осевой нагрузки. Фактическое время вкручивания должно соответствовать нормированному значению.



Дефекты структуры (трещины, раковины и др.) обнаруживаются рентгеновским и флуоресцентным методами соответствующими приборами.

Посредством специальной методики, основанной на воздействии активирующих химических реактивов на покрытия с последующим помещением в специальный прибор-анализатор «Цифровой фотометр», проводится **анализ содержания шестивалентного хрома** в покрытиях.



Камера солевого тумана предназначена для испытания образцов крепёжных изделий на **коррозионную стойкость** в условиях воздействия нейтрального солевого тумана согласно DIN EN ISO 9227.

Участок подготовки образцов для металлографических и спектрометрических исследований имеет в своём составе: прибор для заливки образцов (шлифов), автоматический и ручной шлифовально-полировальные агрегаты и отрезной станок.



Регулярные инвестиции в повышение технической оснащённости отдела управления качеством гарантируют высокую надёжность продукции, поставляемой Dresselhaus. Соответствие этой продукции строгим правилам и директивам требований к качеству подтверждается соответствующими сертификатами.

Компания Dresselhaus осуществляет значительные инвестиции в профессиональное совершенствование специалистов и расширение области деятельности отдела управления качеством продукции. Поэтому всё больше компаний становятся партнёрами компании Dresselhaus.

Сандомирский С. Г., д. т. н., заведующий лабораторией
Объединённый институт машиностроения НАН Беларуси

МАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ КРЕПЕЖА ИЗ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТЫХ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

К крепёжным изделиям ответственного назначения (болты, шпильки, штоки, пальцы и др.) предъявляют требования повышенной прочности, твёрдости, износостойкости. Их изготавливают из среднеуглеродистых сталей, легированных хромом, марганцем, кремнием (стали 40Х, 40ХН, 45Х, 30ХГСА и др.) [1]. Баланс между прочностными и пластическими свойствами изделий достигается выбором режима их термической обработки — закалкой и последующим средне- или высокотемпературным отпуском [2]. Возможные отклонения в химическом составе материала изделий, режимов их термообработки от заданных приводят к недопустимым отклонениям свойств изделий, требуют контроля всей продукции. Прямые методы определения механических свойств и структуры являются разрушающими и не могут быть использованы для контроля качества изделий, предназначенных для эксплуатации. Неразрушающий контроль материалов и изделий физическими методами используют для обеспечения технологической и промышленной безопасности во всех промышленно развитых странах [3]. Наиболее эффективным методом неразрушающего контроля механических свойств и структуры ферромагнитных материалов является магнитный [3, 4].

Физической основой магнитного структурного анализа является то, что механические и магнитные свойства сталей чувствительны к структурным превращениям, происходящим в них при термических обработках. Доказано, что магнитные свойства многих сталей связаны с их структурным состоянием (коэрцитивная сила H_c , остаточная намагниченность M_r) и фазовым составом (намагниченность M_s , технического насыщения) [3–6]. Индивидуальный характер использования изделий в ответственных узлах обуславливает необходимость контроля каждого изделия. При контроле массовых партий изделий наилучшие по достоверности и производительности результаты обеспечивает [7–9] намагничивание изделий при падении сквозь катушку с постоянным током и измерение остаточного магнитного потока Φ_d в изделии. При этом Φ_d в изделиях после намагничивания до технического

насыщения пропорционален не остаточной намагниченности M_r , а коэрцитивной силе H_c материала изделий [10].

Современный уровень развития науки позволяет прогнозировать возможность использования магнитного метода для неразрушающего контроля режимов термообработки, химического, структурного и фазового состава изделий из ферромагнитных материалов [11], а современный уровень приборной реализации метода позволяет осуществлять такой контроль в автоматическом режиме непосредственно в цехах и заводских лабораториях [7–9]. Но магнитный контроль качества изделий из легированных сталей с содержанием углерода больше 0,3 % имеет свои особенности.

Цель статьи — информирование читателя о методиках и технических средствах магнитного контроля механических свойств изделий из легированных углеродистых сталей и результатах их промышленного использования.

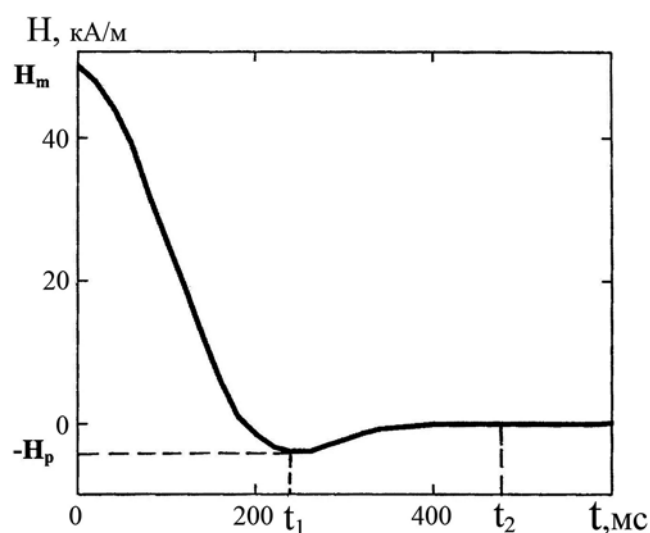


Рис. 1. Изменение во времени t напряжённости H магнитного поля, действующего на изделие в процессе контроля (момент времени $t=0$ соответствует симметричному положению изделия в намагничивающей катушке, t_1 — в размагничивающей катушке, t_2 — момент измерения остаточной намагниченности M_d в изделии)

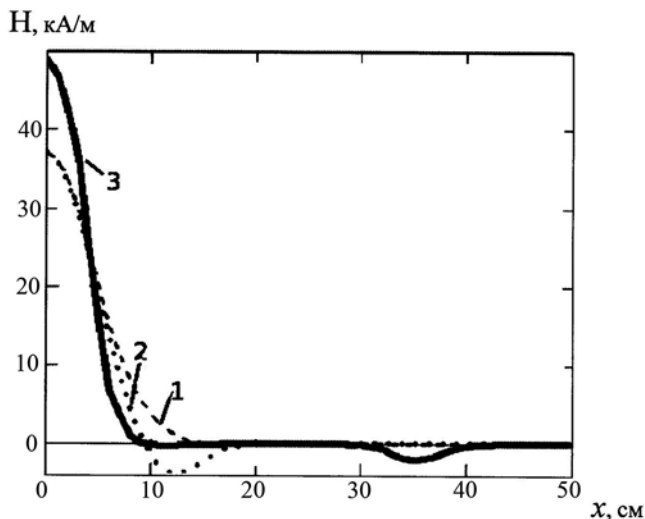


Рис. 2. Распределение магнитного поля вдоль оси движения изделий в преобразователях приборов: 1 – МАКСИ (АНБ-692); 2 – МАКСИ-2; 3 – МАКСИ-Д

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ КОНТРОЛЯ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Характерной особенностью легированных сталей с содержанием углерода больше 0,3 %, в том числе сталей типа 40X, 40XH, 45X, 30XГСА и др., является [4, 6] слабое, а при более высоких температурах $T_{отп}$ отпуска — немонотонное изменение H_c с увеличением $T_{отп}$ закалённых изделий. Достоверный контроль физико-механических свойств изделий из таких материалов по H_c и по однозначно с ней связанной величине остаточного магнитного потока Φ_d в изделии после намагничивания в разомкнутой магнитной цепи [10, 11] возможен только в случаях, когда технологией установлена низкая $T_{отп}$ [6]. Для контроля средне- и высокотемпературного отпуска изделий из таких материалов предложено намагниченные изделия перед измерением остаточной намагниченности M_d подвергать дозированному воздействию размагничивающего поля (рис. 1).

Методика [12] позволяет выбрать напряжённость — H_p (рис. 1) размагничивающего поля, при которой достигается оптимальная чувствительность к изменениям температуры отпуска при контроле изделий конкретных размеров. В [11] показано, что такой контроль основан на чувствительности M_d в изделии после его перемагничивания до определённых значений внешнего поля к остаточной намагниченности M , материала изделия.

Для повышения чувствительности и достоверности контроля качества термообработки изделий из сталей типа 40X предложено [13, 14]: намагничивать изделие в процессе движения (кривая 3 на рис. 2), измерить Φ_d (Φ_1) после выхода изделия из области с намагничивающим полем (при $x \approx 20$ см. на рис. 2), создать на пути движения изделия локальную область с постоянным размагничивающим полем (при $x \approx 35$ см. на рис. 2), измерить второе значение остаточного магнитного потока Φ_d (Φ_2)

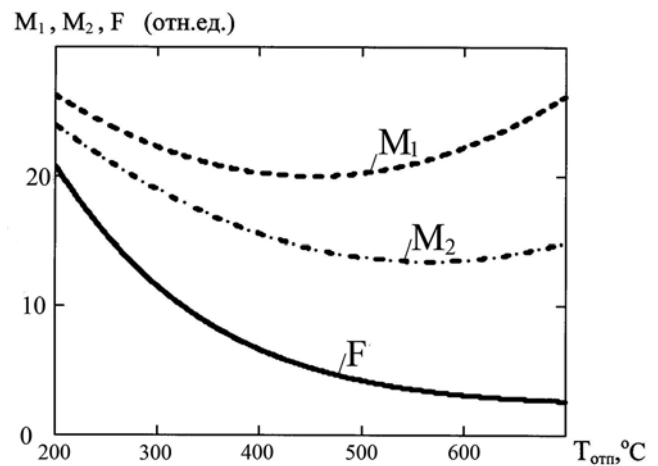


Рис. 3. Изменение остаточной намагниченности M_1 закалённых изделий из среднеуглеродистых легированных сталей, их остаточной намагниченности M_2 после частичного размагничивания и информационного параметра F методик [14, 15] от температуры отпуска $T_{отп}$

в изделии после его выхода из области с размагничивающим полем (при $x \approx 50$ см. на рис. 2) и о свойствах изделия судить по отношению F результата этого измерения к разности результатов первого и второго измерений.

При этом поле остаточная намагниченность изделий после выхода из области с размагничивающим полем не меняет знак, а параметр F контроля

$$F = \Phi_2 / (\Phi_1 - \Phi_2)$$

имеет высокую чувствительность к механическим свойствам изделий из среднеуглеродистых легированных сталей.

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДИКИ

Зависимость остаточной намагниченности M_1 закалённых изделий из среднеуглеродистых легированных сталей от $T_{отп}$ неоднозначна (рис. 3). Монотонное снижение M_1 в интервале $0 \leq T_{отп} \leq 400$ °C сменяется отсутствием изменения M_1 в интервале 400 °C $\leq T_{отп} \leq 500$ °C и монотонным возрастанием M_1 при $T_{отп} \geq 500$ °C. Остаточная намагниченность M_2 тех же изделий после частичного размагничивания монотонно снижается в интервале $0 \leq T_{отп} \leq 600$ °C, хотя при $T_{отп} \geq 500$ °C зависимость M_2 от $T_{отп}$ становится слабой и зачастую недостаточной для достоверного контроля физико-механических свойств изделий, отпущенных в этом интервале изменения $T_{отп}$. При $T_{отп} \geq 600$ °C (в зависимости от размеров изделий и напряжённости размагничивающего поля) M_2 изделий с увеличением $T_{отп}$ может тоже начать увеличиваться (рис. 3). Тем не менее, зависимость информационного параметра F разработанной методики (представляющего собой отношение M_2 к разности $M_1 - M_2$) от $T_{отп}$ закалённых изделий из среднеуглеродистых легированных сталей остаётся монотонной во всём

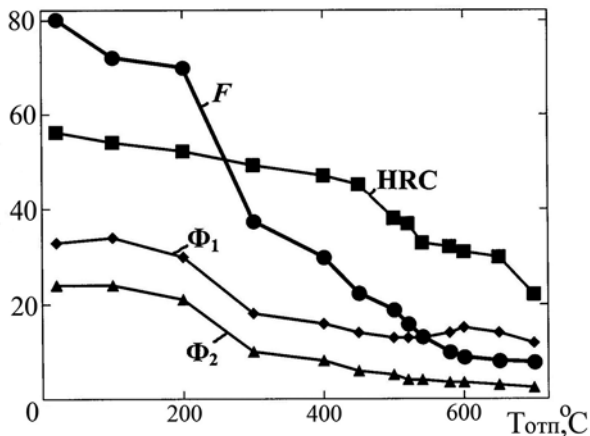
HRC; 30F; Φ , мкВб.

Рис. 4. Влияние изменения температуры $T_{отп}$ отпуска изделий типа «Болт № 240-1004047» из стали 40X на твёрдость HRC изделий, остаточные магнитные потоки до (Φ_1) и после (Φ_2) действия на изделие размагничивающим полем согласно [15], а также информационного параметра F способа [15] от температуры $T_{отп}$ отпуска болтов № 240-1004047» из стали 40X

интервале изменения $T_{отп}$ (рис. 3). При $T_{отп} \geq 500$ °C, несмотря на слабый и даже немонотонный характер зависимости M_2 от $T_{отп}$, монотонность зависимости F от $T_{отп}$ обеспечивает увеличение разности $M_1 - M_2$.

На рис. 4 в качестве примера эффективности разработанной методики сопоставлены изменения твёрдости HRC, остаточных магнитных потоков до (Φ_1) и после (Φ_2) воздействия на изделие размагничивающим полем согласно [15].

Приборы контроля изделий массового производства используют [7–9] создание на пути движения изделий компактных областей с магнитным полем заданной напряжённости. Разработанные принципы обеспечили создание вдоль оси x движения изделий за область с намагничивающим полем $H_0 = 37-50$ кА/м распределений поля, представленных на рис. 2 (координата $x=0$ совмещена с центрами намагничивающих катушек). Они реализованы в комплексе приборов магнитного контроля движущихся изделий — «Магнитных анализаторов качества стальных изделий МАКСИ», автоматически сортирующих изделия на годные и брак с производительностью до 2 изделий в секунду [7–9]. В приборе «МАКСИ (АНБ-692)» индукционные преобразователи измеряют максимальный магнитный поток Φ_m в изделии при намагничивании и Φ_d в области, где намагничивающее поле скомпенсировано (зависимость 1 на рис. 2). Контроль средне- и высокотемпературного отпуска изделий из легированных сталей с содержанием углерода больше 0,3 % этим прибором невозможен (рис. 4, кривая Φ_1).

В приборе МАКСИ-2 изделия перед измерением Φ_d частично размагничивают (зависимость 2 на рис. 2) магнитным полем, напряжённость которого может



Рис. 5. Внешний вид прибора МАКСИ-У и его электронного блока с контролируемыми болтами разных типов

регулироваться. Это позволяет [7] устранить неоднозначность связи Φ_d с механическими свойствами и $T_{отп}$ изделий из среднеуглеродистых легированных сталей (зависимость Φ_2 на рис. 4). Но чувствительность Φ_d от $T_{отп}$ таких изделий зачастую недостаточна для достоверного контроля их механических свойств. Кроме того, достоверность контроля снижается влиянием на его результаты неизбежными изменениями размеров изделий в пределах технологических допусков и вероятностью пропуска изделий, имеющих близкую к нулю остаточную намагниченность после размагничивания.

Методики [14, 15] реализованы прибором МАКСИ-У (универсальный) [16] (рис. 5) с модернизированным преобразователем прибора МАКСИ-Д (дизельный) [17] (рис. 6), обеспечивающим создание на пути движения изделий заданной (рис. 2) конфигурации магнитного поля и измерение остаточных магнитных потоков Φ_1 и Φ_2 в изделиях при движении в нём. Преобразователь при длине 560 мм обеспечивает невливание намагничивающего и размагничивающего полей на результаты измерения Φ_1 и Φ_2 изделий длиной до 180 мм и диаметром до 40 мм.

Прибор «МАКСИ-У» предназначен для контроля физико-механических свойств и автоматизированной сортировки деталей машиностроения.



Рис. 6. Преобразователь прибора МАКСИ-Д на участке термической обработки болтов

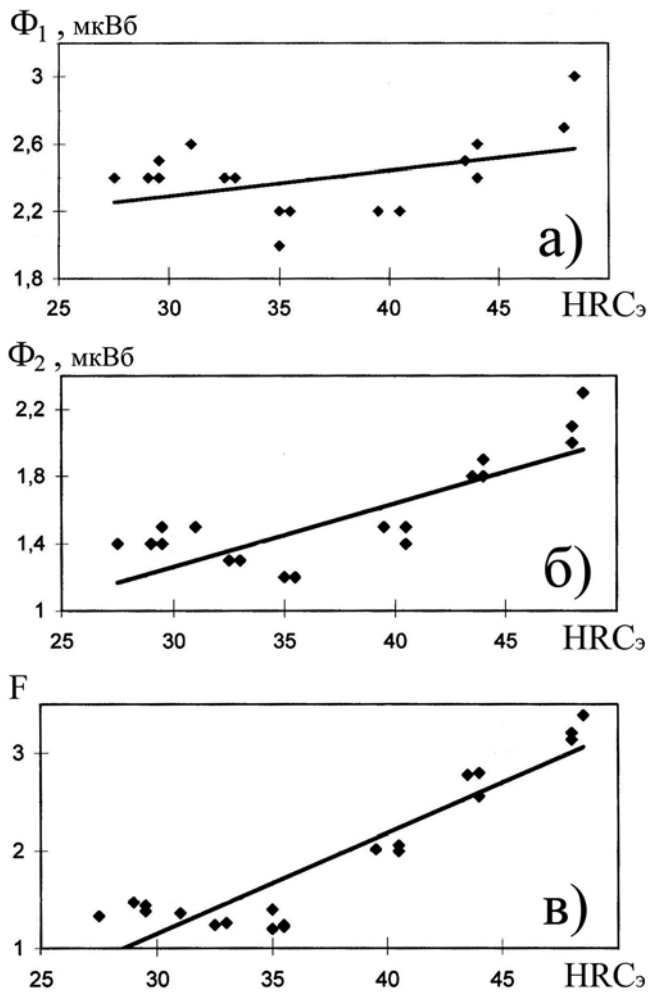


Рис. 7. Зависимость параметров Φ_1 (а), Φ_2 (б) и F (в) от твёрдости HRC_3 болтов крепления противовеса № 240-1005018 из стали 40ХН

При производительности контроля до 2 изделий в секунду в диапазоне изменения продольных размеров изделий 10–160 мм, поперечных — 3–40 мм он аттестован ГОССТАНДАРТОМ Республики Беларусь в диапазоне измерения 0,01–99,9 мкВб с основной приведённой погрешностью не более 1,5 %. При тех же размерах контролируемых изделий прибор «МАКСИ-Д», предназначенный для неразрушающего магнитного контроля физико-механических свойств деталей дизельных двигателей, аттестован в диапазонах измерения 0–9,99 и 0–99,9 мкВб с относительной погрешностью 1,5 %. Намагничивающий ток задан с погрешностью $\pm 0,5$ %. Это удовлетворяет требованиям [18] к магнитоизмерительной аппаратуре.

Разные методики контроля сопоставлены [13] (рис. 7) при контроле твёрдости болтов крепления противовеса № 240-1005018 длиной 58 мм, диаметром 10 мм из стали 40ХН. Образцы для эксперимента получены (и аттестованы по твёрдости HRC_3) на Минском моторном заводе изменением их $T_{отм}$ в диапазоне 300–600 °С. Предварительно все образцы одновременно были закалены от температуры 830 °С. Образ-

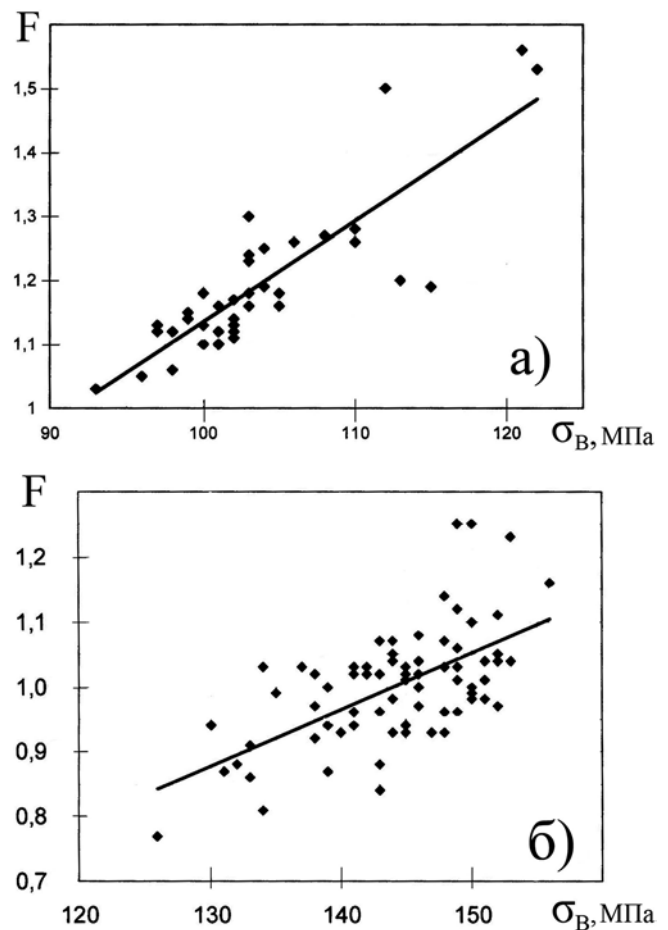


Рис. 8. Зависимость параметра F от временно-го сопротивления (предела прочности) σ_B промышленных партий болтов крепления противовеса № 240-1005018 из стали 40ХН (а) и болтов № 240-1002047 из стали 40Х (б)

цы подвергнуты магнитному воздействию по разным методикам (рис. 4) в модернизированном преобразователе прибора МАКСИ-Д. Измерение параметров Φ_1 , Φ_2 и F образцов осуществлено электронным блоком прибора МАКСИ-У (рис. 5).

При статистической обработке представленных на рис. 7 зависимостей параметров Φ_1 , Φ_2 и F от HRC_3 изделий получены соответственно следующие коэффициенты корреляции R в линейных уравнениях регрессии: 0,44; 0,79 и 0,92. Полученные результаты показывают, что заданный по технологии диапазон твёрдости 27–36 ед. HRC_3 может быть с достаточной для практики достоверностью обеспечен только при контроле по разработанной методике.

Применение разработанной методики (рис. 8, а) для контроля временного сопротивления (предела прочности) σ_B этих болтов ($T_{отм}$ по технологии 580 ± 20 °С) обеспечило высокий ($R \approx 0,85$) коэффициент R корреляции между σ_B болтов и информационным параметром контроля при линейном уравнении регрессии $\sigma_B(\text{МПа}) = 63,3 \times F + 28,1$ и гарантировало заданные механические свойства болтов.

Аналогичные результаты получены при контроле болтов № 240–1002047 из стали 40X (рис. 8, б), болтов других типов из сталей 40X, 40XH, 45X (рис. 6). Применение методики предотвратило попадание на сборочный конвейер Минского моторного завода ответственных болтов с низким уровнем механических свойств, повысило надёжность всех выпускаемых заводом дизельных двигателей. Её использование приносит и непосредственный экономический эффект — в производство после неразрушающего контроля возвращаются тысячи дорогостоящих ответственных болтов (рис. 9).

Выводы: Разработанные методики контроля физико-механических свойств изделий (длиной до 180 мм, диаметром до 40 мм) массового производства из среднеуглеродистых легированных сталей, реализованные приборами МАКСИ–2, МАКСИ–У и МАКСИ–Д, обладают более высокой по сравнению с известными методиками чувствительностью к температуре отпуска изделий после закалки и их физико-механическим свойствам. Применение методик в производстве обеспечило высокие коэффициенты корреляции между измеряемым параметром, твёрдостью и пределом прочности ответственных болтов разных типов из сталей 40X, 40XH, 45X.

Литература

1. Зубченко, А. С. Марочник сталей и сплавов / А. С. Зубченко, М. М. Колосков, Ю. В. Каширский и др.; под общ. ред. А. С. Зубченко. — 2-е изд., доп. и испр. — М.: Машиностроение, 2003. — 784 с.
2. Лахтин, Ю. М. Материаловедение: Учебник для машиностроительных вузов / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1980. — 493 с.
3. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. Т.6: В 3 кн. Кн.1.: Магнитные методы контроля / В. В. Ключев, В. Ф. Мужичкий, Э. С. Горкунов, В. Е. Щербинин; под общ. ред. В. В. Ключева. — М.: Машиностроение, 2006. — 848 с.
4. Михеев, М. Н. Связь магнитных свойств со структурным состоянием вещества — физическая основа магнитного структурного анализа (обзор) / М. Н. Михеев, Э. С. Горкунов // Дефектоскопия. — 1981. — № 8. — С. 5–21.
5. Михеев, М. Н. Магнитные и электрические свойства стали после различных видов термообработки / М. Н. Михеев, В. М. Морозова — М.: ОНТИ по приборостроению ЦНИИКА, 1964. — 46 с.
6. Бида, Г. В. Магнитные свойства термообработанных сталей / Г. В. Бида, А. П. Ничипурук — Екатеринбург: УрО РАН, 2005. — 218 с.
7. Сандомирский, С. Г. Магнитный контроль физико-механических свойств изделий массового производства в движении (обзор) / С. Г. Сандомирский // Дефектоскопия. — 1996. — № 7. — С. 25–45.
8. Сандомирский, С. Г. Использование последовательно-поступательного и роторно-конвейерного движения массовых партий ответственных изделий машиностроения для магнитного контроля их качества / С. Г. Сандомирский, Э. Б. Синякович // Механика машин, механизмов и материалов. — 2008. — № 2 (3). — С. 70–75.
9. Сандомирский, С. Г. Современные возможности магнитного контроля структуры изделий (обзор) / С. Г. Сандомир-



Рис. 9. Ответственные болты дизельных двигателей, возвращённые в производство после контроля их механических свойств неразрушающим методом

ский // В мире неразрушающего контроля. — 2009. — № 1. — С. 40–46.

10. Сандомирский, С. Г. Расчёт и анализ размагничивающего фактора ферромагнитных тел / С. Г. Сандомирский. — Минск: Беларуская навука, 2015. — 244 с.

11. Ключев, В. В. Анализ и синтез структурочувствительных магнитных параметров сталей / В. В. Ключев, С. Г. Сандомирский. — М.: Издательский дом «СПЕКТР», 2017. — 248 с.

12. Патент на изобретение № 20075. Республика Беларусь. Способ контроля механических свойств движущегося стального изделия, подвергнутого отпуску после закалки / С. Г. Сандомирский // Афіцыйны бюл. — 2016. — № 2.

13. Сандомирский, С. Г. Повышение достоверности магнитного контроля физико-механических свойств изделий из сталей типа 40X / С. Г. Сандомирский, Э. Б. Синякович // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. — 2009. — № 1. — С. 41–44.

14. Патент на изобретение № 12436. Республика Беларусь. Способ электромагнитного контроля механических свойств движущегося ферромагнитного изделия / С. Г. Сандомирский, Э. Б. Синякович // Афіцыйны бюл. — 2009. — № 5.

15. Патент на изобретение № 19899. Республика Беларусь. Способ контроля физико-механических свойств движущегося стального изделия, подвергнутого отпуску после закалки / С. Г. Сандомирский, Э. Б. Синякович // Афіцыйны бюл. — 2016. — № 1.

16. Сандомирский, С. Г. Контроль физико-механических свойств изделий и заготовок, имеющих нестабильные или изменяющиеся размеры прибором МАКСИ–У (универсальный) / С. Г. Сандомирский, В. Л. Цукерман, И. И. Линник и др. // Тезисы докладов 15 Росс. научно-техн. конф. «Неразрушающий контроль и диагностика». — Москва. — 1999. — С. 417.

17. Сандомирский, С. Г. Новые автоматизированные средства магнитного и электромагнитного контроля физико-механических свойств изделий массового производства: Статья № П2–19. Тезисы конференции / С. Г. Сандомирский, В. Л. Цукерман. // Материалы XVII Росс. научно-технич. конф. «Неразрушающий контроль и диагностика» (Электронный ресурс). — Екатеринбург: ИМАШ УрО РАН. — 2005. — С. 249.

18. ГОСТ 8.377–80 Материалы магнитомягкие. Методика выполнения измерений при определении статических магнитных характеристик — М.: Изд. стандартов, 1986. — 21 с.