

Враги прецизионных измерений

Mahr

Джордж Шютц, директор компании Mahr Federal по ручным средствам измерений

Когда работа измерительной системы не соответствует ожиданиям, человеку свойственно винить в некорректных результатах используемое средство измерений или прибор. Однако в большинстве случаев проблема находится в другом месте.

Это естественная реакция. Люди склонны винить прибор, потому что этому легко дать количественную оценку. Мы можем схватить прибор, отнести его в лабораторию и проверить его. Однако этот подход зачастую не позволяет найти проблему, либо помогает найти лишь ее часть, потому что прибор – это только часть всей измерительной системы. Прецизионные измерения – это объект многих переменных, которые должны быть устранены до того, как мы принесем средство измерений на рабочее место. Лучший подход – это сделать шаг назад и взглянуть на вашу измерительную систему как на единое целое.

На самом деле измерительная система состоит из пяти элементов: среда, в которой должны проводиться измерения; средство измерений или прибор; измеряемая деталь; эталон; и специалист, выполняющий измерения. Также могут быть проблемы с конструктивным исполнением средства измерений, которые должны быть учтены и скорректированы, но, как правило, один или несколько из вышеперечисленных факторов будут главными источниками вашей проблемы. Я люблю думать о них, как о врагах прецизионных измерений. Для того чтобы обеспечить получение наилучших результатов от вашей измерительной системы, вам нужно выследить этих врагов и устранить их.

Среда

Среда могла бы быть врагом номер один настолько, насколько она затрагивает измерительную систему. Это связано с тем, что среда может оказывать влияние на все остальные элементы процесса измерений. Она может действовать на эталон, измеряемую деталь, в определенной степени на людей, и, что наиболее важно, на измерительный прибор.

Но мы не можем думать о среде, как об отдельном враге. Это на самом деле банда гангстеров, пытающаяся украсть микроны у точностных характеристик средства измерений. Кто члены этой банды? Температура, загрязнения, влажность и вибрация – большая четверка.

Мы знаем, что практически все материалы изменяют свои размеры при изменении температуры. Температура – преступник, которого очень трудно контролировать. Он все время двигается, изменяется, проникает через вентиляционные отверстия, окна, станки, людей, электрические лампы и многое-многое другое. Самое худшее – быстроменяющаяся температура. Это приводит деталь, эталон и средство измерений в чрезвычайный беспорядок, в результате чего показания приборов становятся изменяющимися и нестабильными. Измерения методом сравнения, когда деталь сравнивается с мерой с помощью массивного средства измерений, изготовленного из того же материала, – это то, что может помочь в борьбе с изменениями температуры. Необходимо проверить остальные элементы среды – вентиляционные отверстия системы кондиционирования, солнечный свет через окна, нагретые детали станка, то есть нужно держать большие перепады температуры под контролем и свести к минимуму их влияние.

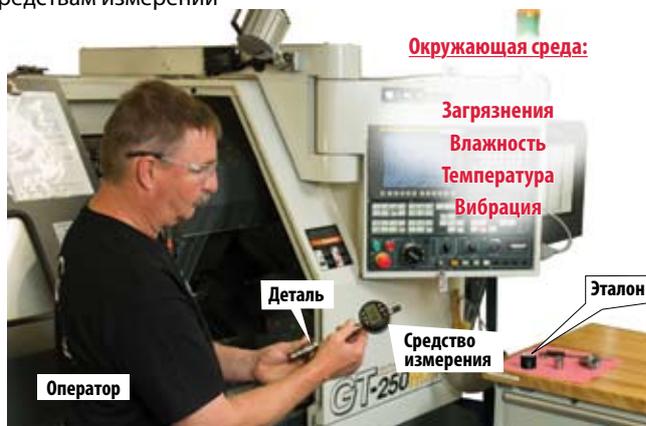


Рис. 1. Процесс измерений

Далее идет влажность – медленный враг, коварно вползающий в процесс. Вы можете не видеть его сегодня, но дайте ему достаточно времени, и вы начнете замечать красноречивые свидетельства его пребывания. Средства измерений часто могут «смотреть» лучше, чем человеческий глаз. Следы ржавчины, вызванные высокой влажностью, могут быть измерены, прежде чем они будут видны. Ржавчина на образцовой мере приводит к неверной настройке прибора на нуль, создавая систематическую ошибку для всех дальнейших измерений деталей. Вскоре вся партия деталей будет измерена со смещением, то есть некорректно.

Вибрация – враг для очень высокоточных средств измерений и, в особенности, при измерении структуры поверхности. Вибрация может появиться в виде шума в усилителе прибора или в виде грубой поверхности, когда вы знаете, что это не так. Либо вибрация может проявиться в производственном процессе. Штамповочные прессы вызывают сильную вибрацию, которая прокладывает свой путь через станок в деталь. Устраните вибрацию и избежите от этих неожиданных ошибок.

Загрязнения заслуживают звания общего врага, потому что они вездесущи. Загрязнения – настолько обычное явление, что мы забываем о них и, может быть даже, игнорируем их, но мы не можем игнорировать их последствия. Для быстрой проверки, насколько вредны могут быть загрязнения для точных измерений, оставьте ваш самый лучший цифровой микрометр с микровинтом, отведенным на 5 мм, на несколько часов вне футляра. Затем проверьте его настройку на нуль. После этого протрите пятки, протягивая листок чистой бумаги обычным способом, и сдуйте волокна. Снова проверьте настройку на нуль. Не удивляйтесь, если вы обнаружите разницу в показаниях в микрон или около того. Вы только что истребили врага прецизионных измерений номер один.

Если говорить о воздействии загрязнений на точность средств измерений, то все, что вам нужно сделать, чтобы осмыслить ошибки, связанные с «вполне чистыми» загрязнениями, упомянутыми выше, – это припомнить множество средств измерений, которые вы часто видите в местах, содержащих большое количество смазочных материалов и абразива вокруг обрабатывающего центра. Первое, что делает специалист по сервису, когда начинает ремонтные работы – очищает средство измерений, неважно это индикатор или самая мудреная измерительная система. Зачастую простая очистка – это практически весь «ремонт», который требуется для данного средства измерений.

Средство измерений

Загрязнения – одна из причин трения, маленького вязкого преступника, который может быть классифицирован как враг точных измерений под номером пять. Действуя, прежде всего на средство измерений, трение оказывает негативное влияние на точность измерений несколькими путями в дополнение к проблемам, связанным с обычными загрязнениями.

Многие средства измерений имеют свой механизм передачи. Это может быть передача под прямым углом, передающий стержень, плечо рычага, или шарик в V-образной направляющей. Любой из этих механизмов подвержен трению. Для рычага, например, это обычно ось, вокруг которой он поворачивается. Если данная ось зажата слишком сильно, рычаг не будет поворачиваться плавно и даже может заклинивать. Если ее излишне отпустить, рычаг будет нестабильным и это приведет к плохой повторяемости. Поместите немного масла или смазки на эту ось, и она станет магнитом для загрязнений, то есть возникнет сочетание этих двух врагов – сущее бедствие.

В противоположность трению, слабая затяжка – это одна из тех основополагающих измерительных проблем, которые часто игнорируются. Но если индикатор с цифровой или шкальной индикацией имеет плохую повторяемость или не калибруется должным образом, частую причину в слабой затяжке измерительных наконечников.

При этом наконечники индикаторов действительно должны быть затянуты немного сильнее, чем от руки. Они не должны затягиваться плоскогубцами или быть затянутыми настолько сильно, что резьба наконечника вспучивает торец стержня. Тем не менее, мы часто встречаем измерительный стержень индикатора в таком состоянии после затяжки наконечника, когда давление резьбы деформировало стержень и вызвало его вспучивание. И здесь, безусловно, трение находит свой звездный час.

На самом деле большинство средств измерений имеет больше соединительных элементов, чем одни только измерительные наконечники. Существует несколько известных мест на средствах измерений, где слабая затяжка может быть проблемой. Когда опытный специалист по ремонту работает с измерительной системой, которая не обеспечивает корректные измерения, первоначально он убеждается, что все винты, гайки, болты и соединения соответствующим образом затянуты. Одну незатянутую пружину пантографа будет трудно обнаружить, но само средство измерений будет знать о существовании данной проблемы. Некачественное соединение может также проявляться в виде одиночного некачественного электрического контакта или неплотного, имеющего утечку соединения пневмоизмерительного прибора.

Спускаясь по перечню врагов измерений, следующим находим износ. С износом трудно иметь дело, потому что он подкрадывается к вам на протяжении долгого времени и делает средство измерений ненадежным прежде, чем вы осознаете это. Когда обычные калибры-пробки проход-непроход изнашиваются, их размер становится меньше заданного, и они должны быть либо выброшены, если нет возможности вернуть их размер с помощью покрытия, либо спасены путем перешлифовки на меньший размер. Изношенные пятки обычных индикаторных скоб должны быть притерты до определенной плоскостности и параллельности и установлены на размер – долгий и дорогостоящий процесс. Однако в большинстве случаев износ не в состоянии составить серьезные пробле-



Рис. 2. Потенциальные скрытые места трения



Рис. 3. Потенциальные проблемы с фиксацией в средствах измерений

мам средствам измерений методом сравнения, потому что данные средства измерений контролируются с помощью эталона и настройка их на нуль обычно компенсирует любой износ пятки.

Но даже в таких случаях необходима осторожность. В случае, когда деталь и эталон имеют одинаковую форму, эта система работает хорошо. Например, когда эталонный диск используется для настройки на нуль индикаторной скобы, измеряющей вал. Но если вы используете прямоугольный эталон, такой как концевая мера длины, и затем измеряете цилиндрические детали, износ пятки может быстро стать критическим фактором.

Наиболее распространенный источник износа – место, где измерительный наконечник касается детали. Пятки или наконечники индикаторов – очевидные жертвы. Но не следует забывать возможные точки износа в механических передачах самих средств измерений. В каждое место, где есть изменение направления или другие типы передачи, может произойти износ и вызвать проблемы.

Измерительное усилие может быть как другом, так и другом. Если измерительное усилие соответствует задаче, вы можете приблизиться к корректному отсчету показаний. Но если оно неправильное – это враг прецизионных измерений.

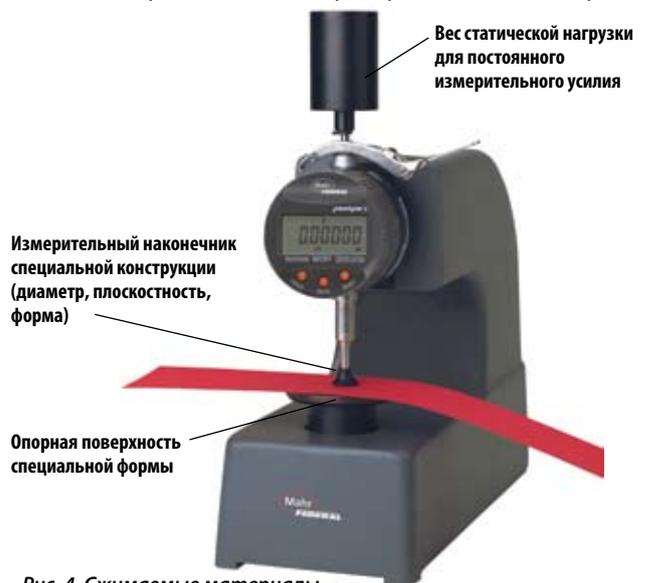


Рис. 4. Сжимаемые материалы

Измерительное усилие может также оказаться «двуствольным» врагом, так как может оказывать влияние как на средство измерений, так и на деталь. Поэтому понимание этой ловушки и принятие ее во внимание может минимизировать ее влияние. Мы все знакомы с тем, что измерительное усилие, в сочетании с передаточным отношением винтовой резьбы, может сделать с точностью отсчета обычного микрометра, или даже сильный большой палец – с цифровым штангенциркулем. Слишком большое измерительное усилие может действительно деформировать средство измерений и привести к неправильному отсчету показаний. Вот почему большинство современных ручных средств измерений оснащается храповым механизмом или колесом для подачи, помогающим уменьшить измерительное усилие и поддерживать его постоянным.

Измеряемая деталь

Сжимаемые материалы: например, пластмассы или нейлон представляют собой другой тип проблемы. Практически любое измерительное усилие приводит к деформации материала. Но если производство знает об этом и четко определяет характеристики материала по отношению к измерительному процессу, они могут быть стандартизованы таким образом, что каждое измерение будет приводить к аналогичным результатам. Эти стандарты включают фиксирование измерительного усилия, форму и размер измерительных и опорных наконечников.

Вы можете не думать об алюминии или стали, как о сжимаемых материалах, но сделайте деталь достаточно большой и имеющей тонкие стенки, и вы получите деталь, которая может сжиматься под воздействием малейшего измерительного усилия. В подобных случаях вам, возможно, придется рассмотреть способы округления в сторону увеличения или брать многократные отсчеты диаметра для получения наилучшей оценки истинного размера детали. Трудно бывает защититься от этого упрямого врага, хотя некоторые новые электронные измерительные системы способны это делать.

Разрешающая способность

Термины увеличение и разрешение зачастую используются на равных основаниях при обсуждении индикаторных приборов. Однако в мире механических индикаторов увеличение используется для описания аспектов, относящихся к зубчатой передаче, внутренней по отношению к индикатору, и делает немного для обеспечения точности. Таким образом, в то время как большое значение увеличения может сделать покупку особого индикатора более привлекательной, то, что в действительности волнует большинство покупателей – это разрешающая способность или разрешение. Идея разрешения приходит от относительно новых цифровых средств измерений, и означает, просто четкое различие.

Возьмем в качестве примера один дюйм на стальной линейке. Линейка не увеличивает дюйм, но она делит его на деления 1/8 дюйма, 1/16 дюйма или мельче. Можно даже найти шкалы, разрешение (количество делений) которых настолько велико, что они становятся практически бесполезными, потому что глаз не может распознать их. Поэтому выбор правильного разрешения средства измерений важен для оператора, он может облегчить его работу и дать ему возможность отличать хорошее от плохого и чувствовать себя комфортно со всем, что находится между этими крайними состояниями.

Разрешение становится врагом там, где пользователь средства измерений думает, что он может получить более высокую точность простым изменением разрешения индикатора, использующегося в данном средстве измерений. Например, если взять индикаторную скобу с механическим индикатором с ценой деления 0,01 мм и заменить отсчетное устройство на цифровой индикатор с разрешением 0,0005 мм. Конечно, разрешение бу-

дет лучше, и вы будете в состоянии различить больше градаций, но средство измерений не станет лучше измерять и не обеспечит данный уровень точности. Параллельность пяток, трение механизма или большой зазор в подшипниках теперь будут усилены. И то, что ранее было хорошим стабильным для оператора отсчетом, превратится в мелькающие цифры, бегающие на цифровом индикаторе. Оператор или теряет уверенность в данном средстве измерений или отсылает его для ненужного ремонта.

С другой стороны, индикатор может не обладать достаточным разрешением, соответствующим измерительной задаче. Если допуск детали – это всего несколько отсчетов индикатора, то изменение одной цифры может соответствовать большей части допуска, и хорошая деталь может показаться плохой, а плохая – хорошей. Этот враг особенно напоминает о своем существовании при исследовании GR&R (gage repeatability and reproducibility – повторяемость результатов замеров, выполняемых одним оператором, плюс воспроизводимость результатов замеров, выполняемых разными операторами), если выбрано неправильное разрешение для допуска – т.е. при мерцании последней цифры – что является признаком плохой воспроизводимости измерительной системы.



Рис. 5. Обеспечение прецизионных измерений

Другие причины

Есть еще много мелких хулиганов, которые являются врагами прецизионных измерений. К ним можно было бы отнести сомнительную конструкцию средств измерений, фиксирующие приспособления менее жесткие, чем требуется, неправильный выбор наконечников, не соответствующих измерительной задаче (например, плоские для плоской поверхности), или даже способ, которым операторы производят измерения. Плохое обучение, без конца повторяющиеся измерения или неудобная окружающая обстановка могут сделать операторов врагами их собственной работы.

Основной принцип – знать ваших врагов. Знайте их достоинства и недостатки. Когда вы узнаете их, вы будете в состоянии одолеть и разрушить их прежде, чем они украдут тот микрон – или доллар – из вашего заднего кармана.



Представительство Mahr GmbH в России

Москва, Большая Очаковская ул., д. 47А,
Бизнес-центр «Очаково»

Контакты: Москва +7 925 048 2950, E-mail: igor.lutsenko@mahr.com
Екатеринбург +7 922 168 1969, E-mail: oleg.lebedenko@mahr.com
Санкт-Петербург +7 921 331 0503 E-mail: sergey.bolshakov@mahr.com
Рыбинск +7 930 117 7133 E-mail: nikolai.sinitcyn@mahr.com
www.mahr.com