

Машины и системы для испытаний металлов



Данный каталог предлагает обзор приборов, машин и систем группы компаний Zwick Roell AG для испытаний металлов, применяемых в металлообрабатывающей промышленности, на производстве, в пунктах контроля качества и управления качеством – а также в научно-исследовательских институтах и учебных учреждениях.

В каталоге отображена только часть обширной программы группы компаний Zwick Roell AG.

Содержание

1	Группа компаний Zwick Roell.....	3
2	Металлы – применения и свойства	4
3	Испытания в металлургической промышленности.....	6
3.1	Толстолистовая сталь	7
3.2	Полоса и листовой прокат.....	11
3.3	Тонколистовая сталь.....	13
3.4	Штанги и прутки	16
3.5	Профили и арматурная сталь.....	18
3.6	Проволока и кабели	21
3.7	Трубы.....	23
3.8	Литые и кованные изделия	25
3.9	Крепежные элементы	26
4	Оборудование и услуги для квазистатических испытаний материалов.....	28
4.1	Испытательные машины	28
4.2	Приводы для квазистатических испытаний	30
4.3	Машины для испытаний на глубокую вытяжку.....	33
4.4	Машины и приборы для определения твердости.....	34
4.5	Измерительная, управляющая и регулирующая система	38
4.6	Программное обеспечение testXpert® II.....	39
4.7	Датчики силы.....	42
4.8	Захваты	43
4.9	Датчики продольной деформации.....	45
4.10	Испытание при высокой температуре.....	49
4.11	Испытание на длительную прочность	50
4.12	Роботизированные испытательные системы	51
4.13	Изготовление образцов.....	54
5	Оборудование и услуги для испытаний на усталость и удар.....	55
5.1	Машины для испытаний на усталость.....	55
5.2	Ударно-динамические испытательные машины.....	59
6	Пакеты модернизации для испытательных машин всех производителей.....	63
7	Услуги фирмы Zwick.....	64
8	Стандарты и испытательное оборудование.....	66

1. Группа компаний Zwick Roell AG – более чем столетний опыт в сфере испытаний материалов

Физико-механические испытания являются старейшей дисциплиной в области прочности материалов. Так, уже в XV и XVI веках Леонардо да Винчи и Галилео Галилей размышляли о напряжениях при изгибе и эластичных свойствах материалов. С течением времени знания накапливались. Наконец, в середине XVIII столетия во Франции появились первые испытательные машины.

С 1920 г. фирма Roell & Korthaus занимается испытаниями материалов. В 1937 фирма Zwick начала изготовление приборов, машин и систем для физико-механических испытаний материалов. Задолго до этого, в 1876 г., профессор Зегер основал химическую лабораторию в качестве научно-технологической консультационной фирмы для производства строительных материалов. В течение XX века из этой лаборатории развилась сегодняшняя фирма Toni Technik, играющая ведущую роль в производстве систем для испытаний строительных материалов. Выдающихся успехов достигла также фирма MFL (Mohr & Federhaff), основанная в 1870 и сотрудником которой был знаменитый Карл Бенц.

С 1992 г. эти фирмы составляют группу компаний Zwick Roell, которая в июле 2001 г. была преобразована в акционерное общество Zwick Roell AG. В настоящее время в него входят фирмы Zwick, Toni Technik и Indentec Ltd. Эти предприятия производят обширную палитру оборудования для испытаний материалов, элементов конструкций и функциональных испытаний – от ручных твердомеров до комплексных испытательных систем. С мая 2002 г. в группу компаний входит также фирма Astel Labo, производитель лабораторных приборов для строительной промышленности.

С приобретением немецкой фирмы GTM (2007 г.) и австрийского предприятия Messphysik (2006 г.) ноу-хау компании в области измерений усилий и деформации стали более разнообразными и надежными.

Фирма Zwick обладает многолетним опытом изготовления и продаж различного оборудования. На основе этой солидной базы фирма предлагает широкий спектр эффективной продукции – от экономичных стандартных машин до специализированных систем для выполнения особых задач испытаний. Современная механика, высокоточная электроника и ориентированное на пользователя программное обеспечение являются основами для универсальности и высокой степени "разумности" этих испытательных машин и систем.

Группа компаний Zwick Roell AG занимается не только продажей оборудования. Уже в 1994 фирма прошла сертификацию по стандартам DIN EN ISO 9001 и гарантирует высокое качество продукции и услуг. Кроме того, располагая аккредитованными калибровочными лабораториями, фирма имеет право проводить поверку и калибровку испытательного оборудования и выдавать признанные во всем мире сертификаты на данные работы.



Рис.1: Административное здание Zwick Roell AG и Zwick GmbH & Co.KG в городе Ульме, Германия

2. Металлы – применение и свойства

Металлические материалы – металлы и сплавы – отличаются очень широким спектром свойств. На основании двух отличительных признаков (структура и функция) их делят на структурные или конструкционные материалы (материалы для машиностроения и производства оборудования, точного приборостроения и строительства) и функциональные материалы (материалы для электротехники, электроники и мультимедийной техники).

Для конструкционных материалов наиболее важными являются механические свойства: прочность, пластичность, штампуемость и другие характеристики. Эти свойства, в основном, определяют параметры выбора испытательных машин (напр., максимально требуемое усилие нагружающей рамы и датчика силы) и их оснащение (напр., датчик продольной деформации с высоким разрешением для определения E-модуля).

В процессе механических испытаний металлических образцов наблюдаются две стадии деформации – упругая и пластическая. Упругая деформация у металлов небольшая, пластическая же является необратимым процессом, может составлять десятки процентов.

Образцы из хрупких материалов (напр., чугун) или мягких металлов при низких температурах разрушаются при достижении разрывной прочности внезапно (т.е. без предварительного образования шейки в месте разрыва).

У вязких материалов, напротив, (локальная) жесткость после превышения предела упругости сильно снижается и может быть даже равна нулю и ниже (увеличение деформации без роста усилия или даже при спаде усилия).

Кривая "Усилие/Удлинение" образца из листовой стали для испытания на растяжение (расчетная длина $L_0 = 80$ мм) наглядно показывает изменение жесткости при растущей деформации.

Сравнение специфических характеристик материалов

Свойства материалов (без экстремумов)	Металлы	Бетон	Пластмассы (не усилен.)
• Прочн. при раст./ сжатии [МПа]	100 до 2000	200 до 500	20 до 160
• E-модуль (спец. жесткость) [ГПа]	70 до 210	15 до 40	0,06 до 6
• Плотность(спец. вес) [г/см ³]	2,7 до 7,8	2,1 до 2,4	1 до 2

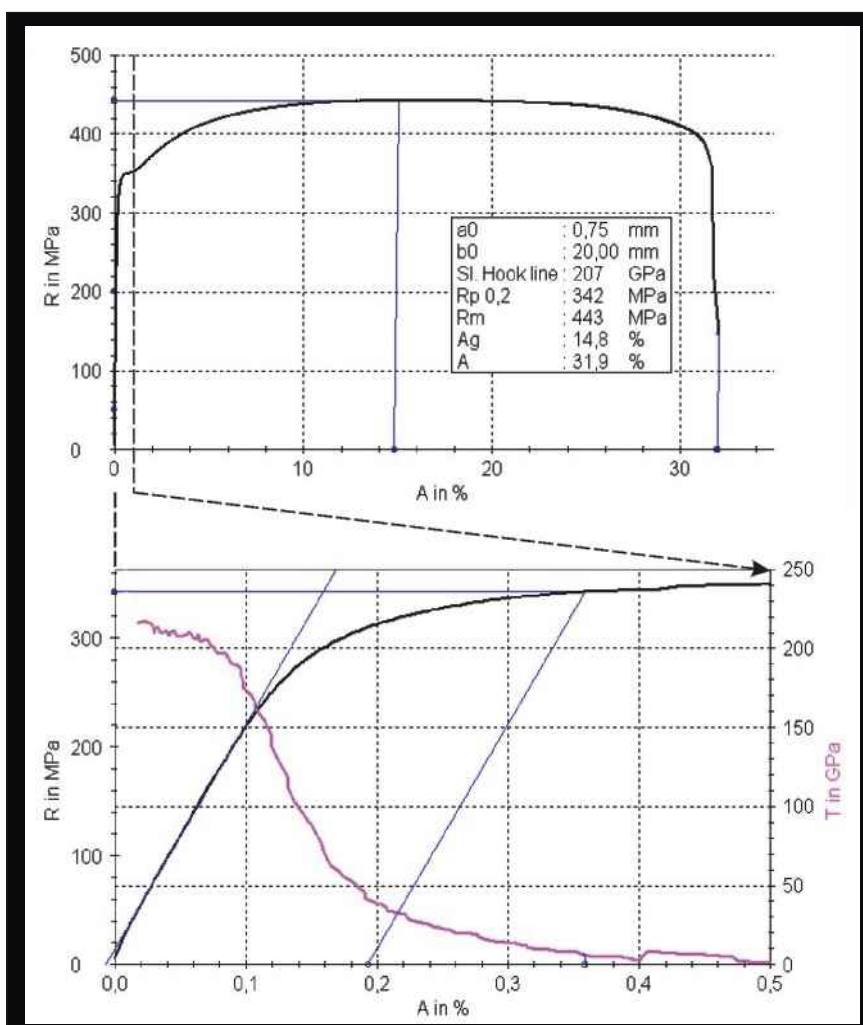


Рис.1: Деформационно-силовая характеристика образца из листового металла при растяжении (верхний рис.), увеличенный фрагмент графика в диапазоне условного предела текучести 0,2 % (нижний рис.)

Чисто эластичное удлинение до предела упругости составляет всего 0,06% (ок. 50 мкм), пластичное же удлинение вплоть до разрушения – почти 32% (ок. 26 мм), т.е. более чем в 500 раз больше!

Это обуславливает особые требования к датчику деформации, с помощью которого в пределах одного испытания должны определяться наклон прямой Гука (E-модуль), условные пределы текучести, удлинение при максимальном усилии и деформация при разрушении (т.е. высокое разрешение и большой путь измерения). Кроме того, измерительная система не должна быть повреждена при внезапном разрушении образца.

Под воздействием усилия испытания деформируется не только образец. Также деформируются – однако только в упругом диапазоне – все находящиеся в силовом потоке компоненты испытательной машины (нагружающая рама, датчик силы, захваты и участки образца вне расчетной длины). При испытаниях образцов с высокой жесткостью упругая деформация машины значительно превышает упругую деформацию образца (более чем в десять раз). Поэтому для определения таких очень малых значений деформации (например, для определения наклона прямой Гука и зависимо от него условного предела

текучести) не прямое измерение деформации (датчиком перемещения траверсы или поршня) является слишком неточным.

Измеренный путь траверсы или поршня испытательной машины хорошо делится на деформацию образца и деформацию машины (в соответствии с соотношением жесткости образца/машины). При этом скорость деформации зависит не только от скорости траверсы или поршня, но и от образца (жесткость, геометрия) и конфигурации машины.

Скорость деформации обуславливает определяемые характеристики, в особенности более мягких материалов. Поэтому сопоставимость результатов испытаний образцов разных размеров или проведенных на разных машинах можно обеспечить только в том случае, если настроить или регулировать скорость траверсы или поршня в зависимости от измеренного усилия или деформации таким образом, чтобы получались сопоставимые значения скорости деформации.

Стандарты испытаний – возможность сопоставления результатов

Одной из основных задач стандартизации испытаний является создание одинаковых условий для нагружения образцов и процесса испытаний вне зависимости от того, когда, где и кем они проводятся. Международные стандарты, все больше заменяющие национальные, являются существенным шагом в плане дальнейшего улучшения сопоставимости результатов испытаний. В таблицах, начиная со стр.68, отображены важнейшие актуальные национальные и международные стандарты для испытаний металлов.

Как правило, каждые 5 лет проводится проверка стандартов и их адаптация, если появляются соответствующие требования, поддерживаемые большинством голосов в ответственных комиссиях. Сотрудники группы компаний Zwick/Roell принимают участие в работе нескольких таких комиссий. Как представители фирм-изготовителей испытательных машин они вносят специальные знания и опыт в область испытательной техники, а также получают полезную информацию для развития производства и проведения профессиональных консультаций заказчиков.

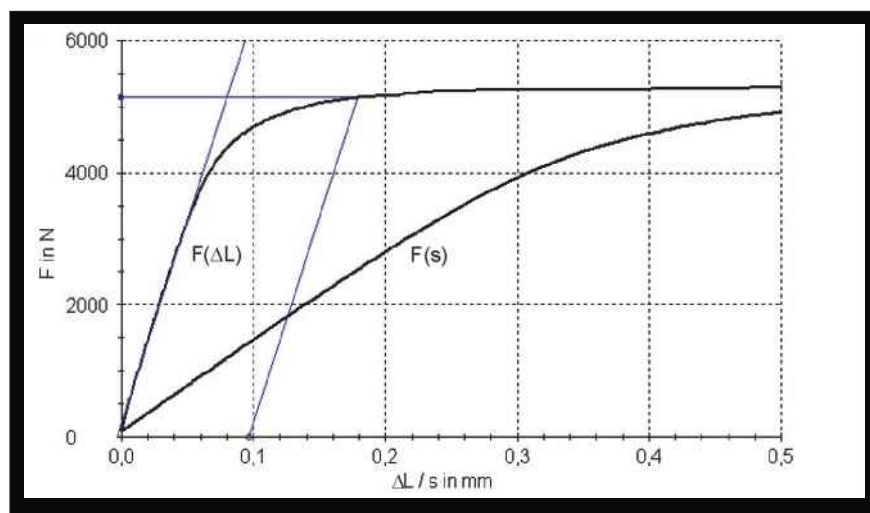


Рис.2: Диаграмма нагружения образца из листового металла при растяжении (испытание проведено на машине Zwick Z100 с гидравлическими захватами)

3. Испытания в металлообрабатывающей промышленности

		Тип испытания	Квазистатические испытания	Испыт. на растяж. при комн. темпер.	Испыт. на растяж. при высок. темпер.	Испытания на длительную прочность	Испытания на сжатие и изгиб	Испытания на кручение	Испытания на деформируемость	Определение твердости	Специальные методики и испытания (испытания на срез, сварных швов)	Роботизированные системы	Испытания на усталость	Испытания на усталость	Испытания на циклический изгиб	Ударные испытания	Высокоскоростные испытания	Испыт. образ. с надрезом на удар. изгиб	Испытания падающим грузом	Испытания на трещиностойкость	Пробоподготовка
Сегменты металлообрабатывающей промышленности																					
Плоский прокат																					
	Толстый лист (вкл. болванки, „биллеты“)	✓	✓	✓	✓	–	–	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	–	–	✓	✓	✓	–	–
	Полоса и листовой прокат (вкл. горячекатаная (широкая) полоса)	✓	✓	✓	✓	–	–	✓	–	✓	✓	✓	✓	–	–	–	✓	✓	–	–	✓
	Тонкий лист (вкл. белая жесть, жесть с покрытием)	✓	–	–	–	✓	–	–	✓	✓	✓	✓	–	–	–	–	✓	–	–	–	✓
Длинный прокат																					
	Штанги и прутки	✓	✓	✓	✓	✓	–	–	✓	–	–	–	✓	✓	–	–	–	✓	–	✓	–
	Профили и арматурная сталь	✓	–	–	–	✓	–	–	✓	✓	✓	✓	✓	–	–	–	–	–	–	–	–
	Проволока и кабели	✓	–	–	–	✓	✓	–	–	✓	–	✓	✓	✓	–	–	–	–	–	–	–
Изделия, приближенные к готовой продукции																					
	Трубы (вкл. фитинги)	✓	✓	✓	✓	–	–	–	✓	✓	✓	✓	✓	–	–	–	–	✓	✓	–	–
	Литые и штампованные детали (вкл. по методу спекания и порошковой металлургии)	✓	✓	✓	–	–	–	–	✓	–	–	–	✓	✓	–	–	–	–	–	✓	–
	Крепежные элементы (вкл. технику сварки и соединений)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	–	–	–	–	–	✓	–	–	–	–	–	–	✓	–

3.1 Толстолистовая сталь

Толстолистовой прокат представляет собой стальные листы шириной до четырех метров и толщиной от 5 до 250 мм. Он используется, в основном, в строительстве, для изготовления тяжелых приборов и подъемных кранов, в кораблестроении, для изготовления прибрежных буровых платформ и труб с большим диаметром и толщиной стенки.



Определение твердости

Определение твердости по Бринеллю с усилием до 29.000 Н можно проводить с помощью твердомера серии ZHU topLine. В твердомерах этой серии применяется новейшая техника (объектив с переменным фокусом, ПЗС-камера и ЖК-дисплей). Высокая воспроизводимость результатов достигается посредством автоматического процесса испытания и технологии "замкнутого цикла" ("closed-loop"). Для испытаний по Бринеллю можно улучшить точность измерения с помощью опции подсветки кольцевым светом.

Для портативного определения твердости, а также для всех важных методов определения твердости (по Виккерсу, Роквеллу и т.д.) фирма Zwick также предлагает подходящие приборы (см. стр. 34).



Рис.1: Образец из толстолистовой стали и датчиком продольной деформации Makro

Испытание на растяжение

Образцы для испытаний на растяжение изготавливаются из толстолистовой стали таким образом, чтобы по возможности сохранить толщину листа (в качестве толщины образца). Образцы обладают соответственно большим поперечным сечением. Рабочую длину получают путем фрезерования.

Для определения характеристик при испытании на растяжение фирма Zwick предлагает широкий спектр серийных испытательных систем с усилием до 2500 кН, с помощью которых можно с большой точностью проводить испытания при больших нагрузках. Гидравлические захваты фирмы Zwick обеспечивают превосходный зажим образцов в течение испытания. Инкрементальный датчик продольной деформации типа Makro используется в большинстве случаев для измерения удлинения. Он отличается высокой прочностью – измерительные щупы остаются на образце вплоть до разрушения – и простотой в управлении. Измерительные щупы автоматически устанавливаются на образец в начале испытания и возвращаются в исходное положение после завершения испытания. Слой окалины не препятствует высокой точности измерения (до класса 0,5 по стандарту ISO 9513). Настройку расчетной длины L_0 можно также осуществлять автоматически с помощью программного обеспечения (опция).



Рис.2: Универсальный твердомер ZHU3000 topLine

Роботизированная система для испытаний на растяжение

Необходимость безопасного и точного манипулирования тяжелыми образцами предъявляет высокие требования к управлению. Полностью автоматические системы фирмы Zwick отвечают этим требованиям:

- Освобождение операторов, минимизация влияния человеческого фактора, повышение безопасности труда.
- Концепция автоматизации фирмы Zwick предусматривает ручную укладку образцов в магазины. Начиная с этого момента все процессы проводятся автоматически, вплоть до сортировки обломков образцов для будущей инспекции.

- По желанию в систему можно интегрировать дополнительные измерительные приборы (в особенности прибор для измерения поперечного сечения фирмы Zwick с четырьмя независимыми, автоматически устанавливаемыми на образец измерительными щупами для точного определения площади поперечного сечения).



Рис.2: Образец из толстолистовой стали в автоматическом приборе для измерения поперечного сечения (QMG)

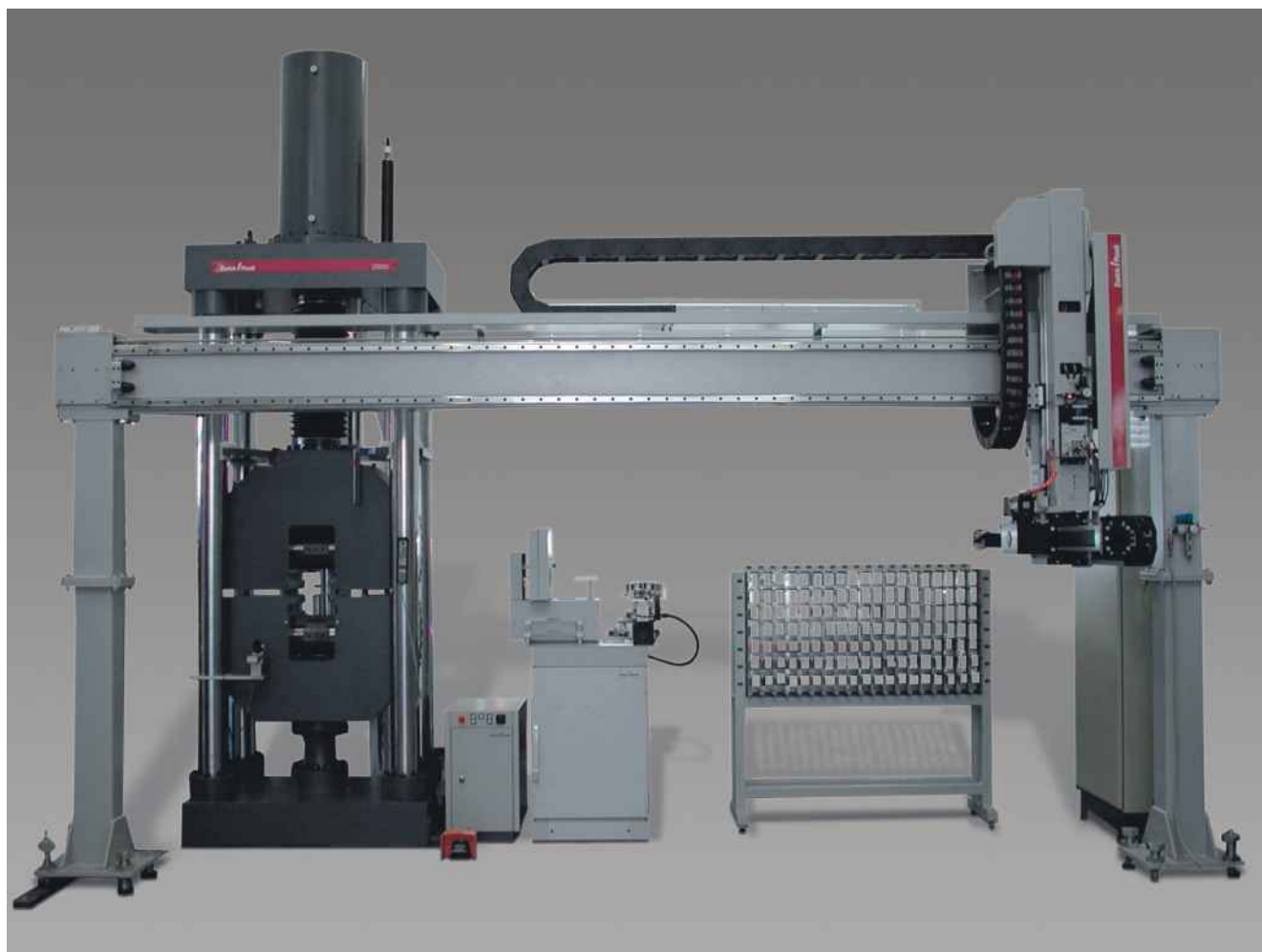


Рис.1: Автоматизированное испытание толстолистового проката на растяжение (система roboTest B)

Механика разрушения Определение K_{Ic}

Вязкость разрушения K_{Ic} представляет собой важную характеристику металлических материалов, используемых в таких имеющих отношение к безопасности областях промышленности, как самолетостроение, строительство электростанций и автомобилестроение.

Для определения вязкости разрушения в образце искусственно создают трещину. Затем этот образец нагружается до разрушения. Вязкость разрушения K_{Ic} определяется на основе кривой "Усилие/Деформация" и длины трещины. Стандарт ASTM E 399 регламентирует, как должно проводиться испытание.

Двухступенчатое испытание можно с большой эффективностью проводить на высокочастотных пульсаторах (HFP) фирмы Zwick. Для образования трещины на образец механически наносится надрез, затем образец подвергается циклическому нагружению. Т.о. нарастание колебаний для создания регламентированной трещины осуществляется по причине высокой частоты очень быстро и является в высокой степени воспроизводимым вследствие высокой чувствительности резонансной частоты по отношению к трещинообразованию.

Чаще всего используемая геометрия образцов показана на рис. 1. Образец обозначается как компактный или СТ-образец (англ.: compact tension). При этом нагрузка прикладывается через штифты в отверстиях, вследствие чего получается смешанное нагружение растяжения и изгиба.

Наряду с СТ-образцами используются также образцы для испытаний на изгиб (т.н. SENB-образцы, рис.2). В то время как нагружение таких образцов осуществляется проще, чем СТ-образцов, их необходимый объем значительно больше. На рисунках это наглядно показано.



Рис.1: СТ-образец в высокочастотном пульсаторе (HFP)

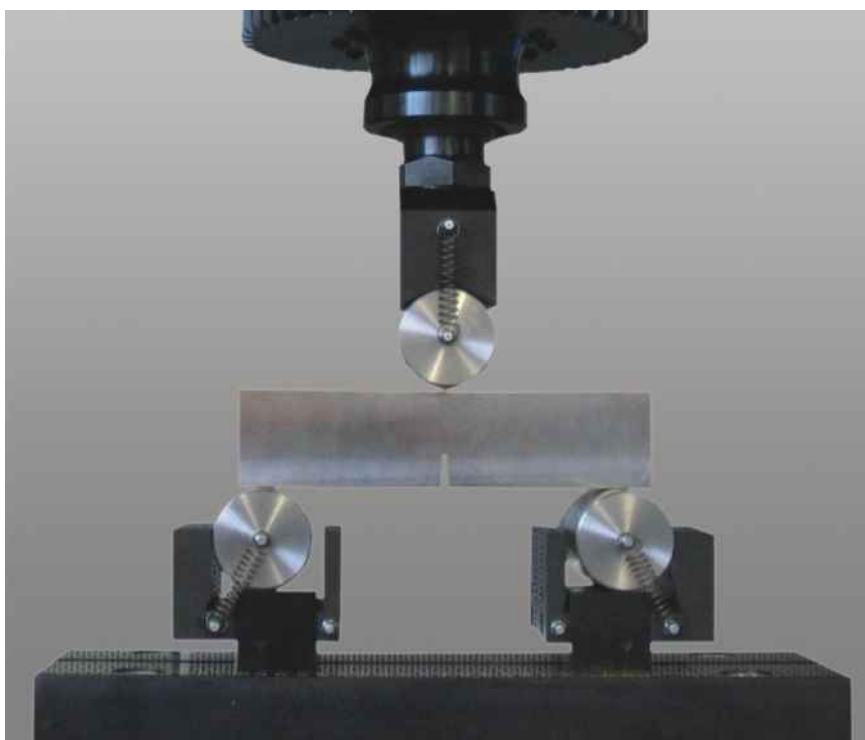


Рис.2: SENB-образец в высокочастотном пульсаторе (HFP)

Испытания образцов с надрезом на ударный изгиб

Для производства магистральных трубопроводов, в кораблестроении ударная вязкость материалов является важной характеристикой. Ее можно определять по методу Шарпи на маятниковых копрах. Нормативные образцы с надрезом укладываются в копер вручную, с помощью простого вспомогательного приспособления или посредством автоматической системы подачи и разбиваются с энергией до 750 Дж. Для охлаждения образцов фирма Zwick предлагает температурные ванны (до -70°C) или термокамеры (до -180°C). Машиностроительные директивы предъявляют высокие требования к маятниковым копрам в плане безопасности. Благодаря защитной кабине и разработанному предохранительному оборудованию фирма Zwick отвечает всем требованиям.



Рис.1: Маятниковый копер RKP 450 (сегмент рисунка: упоры)

Испытание падающим грузом по методу Pellini

Влияния сварки на трещинообразование в стальных материалах исследуется с помощью копров с падающим грузом Pellini фирмы Zwick. Прошедшие термообработку нормативные образцы нагружаются с энергией до 1650 Дж. Наличие трещин и поверхность излома анализируются визуально.



Рис.2: Копер с падающим грузом Pellini

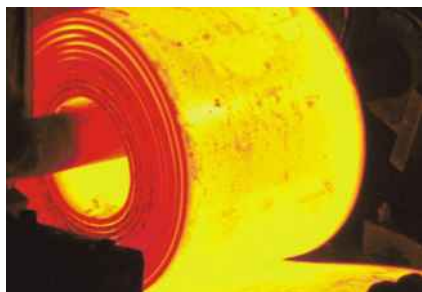
Другие испытания толстолистового проката

- испытание на растяжение при повышенной температуре
- испытание на длительную прочность
- испытание на сжатие и изгиб
- испытание на срез/испытание сварных швов
- испытание на усталость
- испытание на циклический изгиб

3.2 Полоса и листовой прокат

Полосы представляют собой изделия из стали и цветных металлов, свернутые в рулоны (Coils): например, горячекатаная полоса, служащая сырьем для изготовления холоднокатаного листового проката.

Толщина горячекатаной полосы достигает 15 мм, ширина – 2200 мм. Из горячекатаной широкой полосы вырезаются листы толщиной до 15 мм и шириной до 2000 мм.



Испытания на растяжение с определением значений ϵ и η

Для характеристики свойств деформируемости в процессе испытания на растяжение часто определяют также значения ϵ и η . Значение η описывает упрочнение (рост напряжения) во время пластичной деформации вплоть до зоны равномерной деформации. Значение ϵ обозначает вертикальную анизо-

тропию. Значение η определяется на основе данных напряжения растяжения и значений деформации. Для получения значения ϵ дополнительно измеряется поперечная деформация образца. Образцы вырезаются из полосы или листа металла таким образом, чтобы они располагались под определенным углом к направлению прокатки.

Значение ϵ , кроме всего прочего, зависит от направления прокатки. Толщина листа сохраняется в толщине образца. Рабочую длину получают посредством фрезерования или штамповки наряду с последующей обработкой.

Для определения характеристик в процессе испытания на растяжение фирма Zwick предлагает широкий спектр серийных испытательных систем, с помощью которых можно с высокой точностью проводить испытания с большой нагрузкой. Фирма Zwick располагает большим ассортиментом датчиков продольной и поперечной деформации, из которого, в зависимости от пожеланий заказчика и типовых условий, можно подобрать оптимальную комбинацию: например, инкрементальный датчик продольной деформации типа Makro в комбинации с оптическим датчиком поперечной деформации. Эта комбинация отличается большой надежностью и высокой степенью

автоматизации, а также простотой в обращении с образцами. Оба датчика проводят измерения вплоть до разрушения образца.

Двухосное испытание на растяжение

Двухосное испытание на растяжение является особым. С его помощью определяются свойства деформации материала. Это испытание используется преимущественно в области исследований и разработок, т.к. с его помощью можно настроить и исследовать регламентированные значения напряжения в точке пересечения образца. Машины для таких испытаний фирма Zwick производит по желанию заказчика. Измерение деформации в большинстве случаев проводится оптически. Для этого предлагаются различные решения. Для разработки решений относительно измерения распределения деформации фирма Zwick сотрудничает с партнерами.

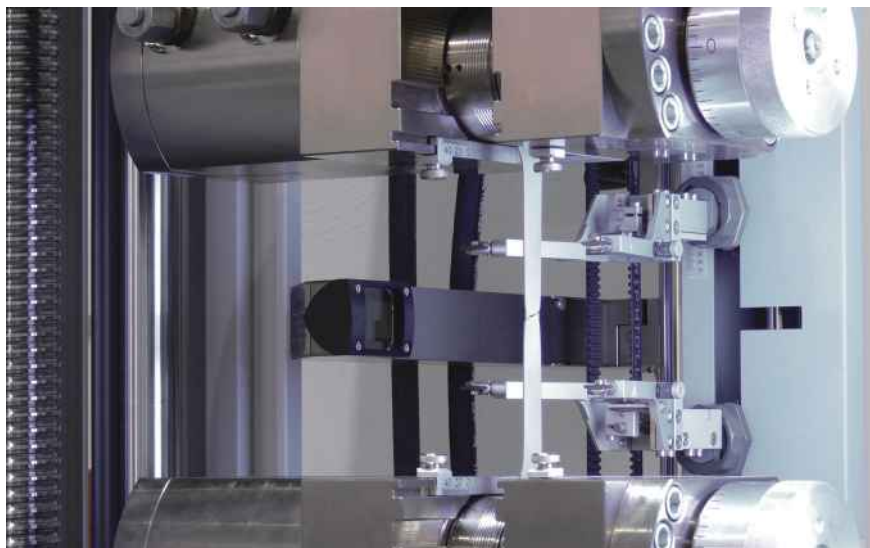


Рис.1: Датчик поперечной деформации videoXtens и датчик продольной деформации Makro

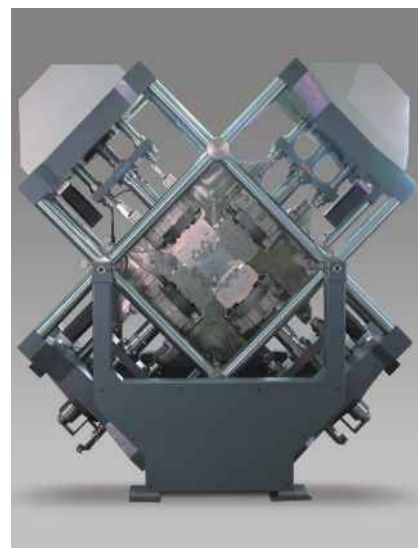


Рис.2: Двухосное испытание на растяжение

Испытание на 3-точечный изгиб

Испытание на 3-точечный изгиб наряду с определением характеристик свойств изгиба также предназначено для визуальной оценки гибочной кромки. В особенности это касается поведения сварных швов в процессе испытания на изгиб. Благодаря различным опциям для гибочных приспособлений и возможности адаптации к уже имеющимся захватам фирма Zwick решает эту задачу.

Испытания при высокой температуре

Для применения в таких отраслях промышленности, как моторостроение, строительство электростанций, силовых и химических установок, решающим значением обладают свойства материалов при повышенной температуре (до 1200°C).

Для определения этих свойств проводятся испытания на растяжение и изгиб при высокой температуре.

Для таких испытаний фирма Zwick предлагает комплексные решения. Они включают в себя печь с системой терморегулирования, систему рычагов для захватов, высокотемпературный датчик деформации и другие аксессуары для интеграции в испытательные машины фирмы Zwick.



Рис.1: Приспособление для испытаний полосок листового проката на 3-точечный изгиб



Рис.2: Испытание на растяжение в высокотемпературной печи



Рис.3: Испытание на изгиб в высокотемпературной печи

Другие испытания полос и листового проката

- испытания на деформируемость
- испытания на срез/испытание сварных швов
- испытания на длительную прочность
- испытания на усталость
- высокоскоростные испытания на растяжение
- испытания образцов с надрезом на ударный изгиб
- автоматизация испытаний

3.3 Тонколистовой прокат

Тонколистовой прокат вместе с фольгой представляет собой последнюю ступень производственной цепи изделий плоской формы. Толщина тонколистового проката составляет от 0,35 до 3,0 мм, фольги – менее 60 мкм. Тончайшие листы покрывают переход толщины. Область применения этих плоских изделий многогранна, они широко распространены. Соответственно обширным является и спектр их испытаний. В данной брошюре названы только некоторые из них.



Испытания на растяжение с определением значений r и n

Одним из требований, чаще всего предъявляемых к тонколистовому прокату, является хорошая деформируемость при одновременно высокой прочности. Для характеристики свойств деформируемости в процессе испытания на растяжение определяют значения r и n . Значение n описывает упрочнение (рост напряжения) во время пластичной деформации вплоть до зоны равномерной деформации, значение r обозначает вертикальную анизотропию. Значение n определяется на основе данных напряжения растяжения и значений деформации, для определения значения r дополнительно измеряется поперечная деформация образца.

Образцы вырезаются из тонколистового проката таким образом, чтобы они располагались под определенным углом к направлению прокатки. Значение r также зависит от направления прокатки. Рабочую длину получают путем фрезерова-

ния или штамповки наряду с последующей обработкой, из фольги вырезают полоски. Для изготовления образцов фирма Zwick предлагает различные приборы и машины (в зависимости от толщины проката); при изготовлении фрезеровальных станков Zwick сотрудничает с партнерами, чтобы оптимально отвечать нормативным требованиям относительно кромок образцов.

Для определения характеристик в процессе испытания на растяжение фирма Zwick предлагает широкий спектр серийных испытательных систем. Также Zwick располагает обширным ассортиментом датчиков продольной и поперечной деформации, из которого (в зависимости от желаний заказчика и типовых условий) можно подобрать оптимальную комбинацию: например,

(для испытаний проката стабильной формы) лазерный датчик продольной деформации типа LaserXtens в комбинации с видеооптическим датчиком поперечной деформации. Эта комбинация, расположенная в едином корпусе и интегрированная в систему, отличается высокой надежностью, высокой точностью измерения и простотой в управлении. Упрощенный процесс смены образцов – в рабочей зоне нет щупов и других мешающих элементов.



Рис.1: Испытание тонколистового проката на растяжение с датчиком videoXtens (в данном случае с опцией измерения поперечной деформации)

Испытания на деформируемость

Тонколистовой прокат с хорошими свойствами деформируемости пользуется повышенным спросом. Типичные процессы деформируемости (например, глубокая вытяжка и обтяжка) характеризуются или проверяются в рамках нормативных методик испытаний. Для проверки таких свойств фирма Zwick предлагает машины для испытаний на глубокую вытяжку типа BUP и испытательные машины с усилием вытяжки до 1000 кН.

Одним из важных, но трудоемких испытаний является получение кривой предельной деформации, помогающей конструкторам определить границы деформации материала, которые нельзя превышать при формообразующих процессах. Для разработки необходимой оптической измерительной техники для регистрации деформации в процессе вытяжки фирма Zwick сотрудничает с квалифицированными партнерами.

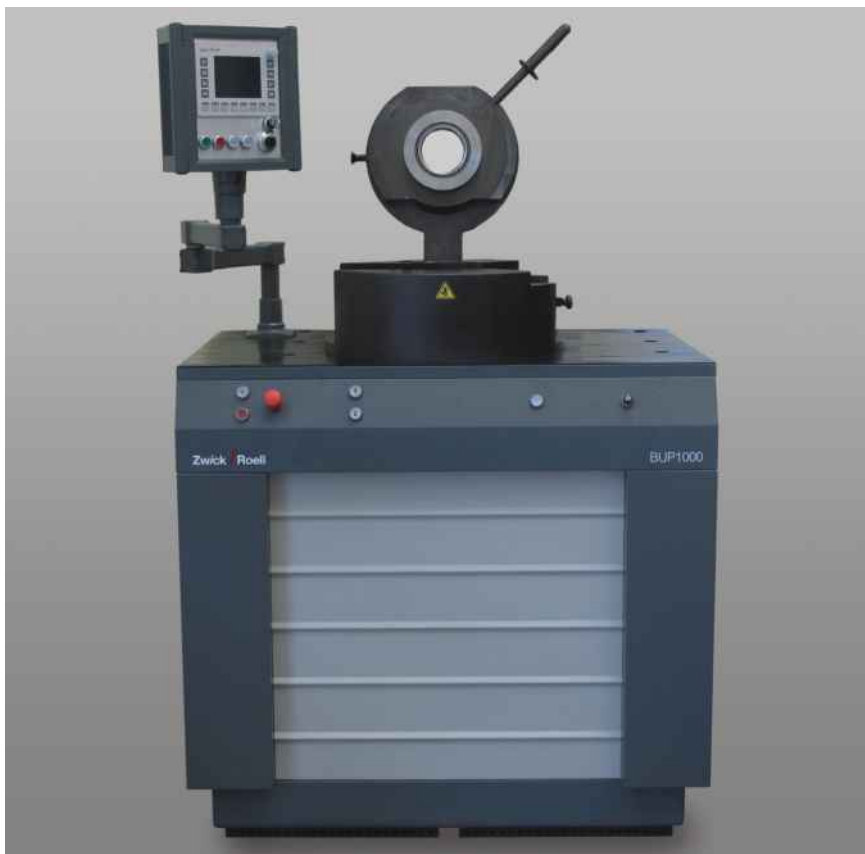


Рис.2: Машина для испытаний на глубокую вытяжку BUP 1000



Рис.1: Вытяжные приспособления Эриксона



Рис.3: Результат испытания по Эриксену

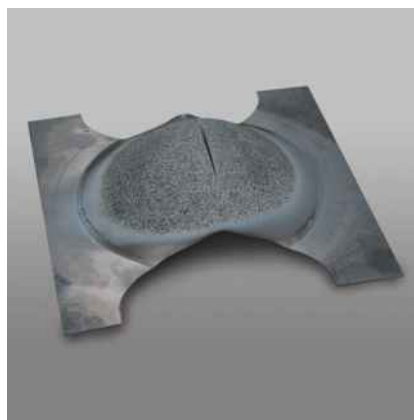


Рис.4: Образец для FLC-испытания (Nakajima)

Приспособление "Draw-Bead" для испытаний стальных листов

Целью этого испытания является определение коэффициентов трения между стальным листом и приспособлением для испытаний на глубокую вытяжку, чтобы подобрать идеальную смазку для такой деформации. Это позволяет избежать образования трещин и складок и таким образом обеспечить оптимальный процесс глубокой вытяжки. Приспособление "Draw-Bead" можно легко установить в стандартную испытательную машину.

Для проведения испытания полоска стали с типовыми размерами (300 мм x 30 мм x 2 мм) симметрично зажимается в верхнем захвате, потом закрывается приспособление "Draw-Bead". Затем образец протягивается через приспособление "Draw-Bead". Этот процесс можно повторять автоматически. Количество повторов можно настраивать. Надежное и воспроизводимое получение измеренных значений гарантирует регулируемое цифровым методом усилие зажима приспособления "Draw-Bead". Штамп приспособления можно быстро заменить, чтобы охватить различные спецификации испытания.

Испытание на быстрый разрыв

Для применения в автомобильной промышленности решающими являются свойства материалов при высокой скорости деформации. При аварии деформация материалов происходит с высокой скоростью, что обязательно необходимо учитывать при разработке автомобилей. Необходимые в этом плане характеристики материалов определяются на высокоскоростных испытательных быстроразрывных машинах серии НТМ фирмы Zwick. На этих сервогидравлических машинах достигается скорость испытания образцов в 20 м/с при усилии вплоть до 160 кН.



Рис.1: Испытательная машина Z050 с приспособлением "Draw-Bead"



Рис.2: Металлический образец в машине для испытаний на быстрый разрыв

Другие испытания тонколистового проката

- испытания на изгиб и сжатие
- определение твердости
- испытания на срез/испытания сварных швов
- автоматизация испытаний

3.4 Штанги и прутки

Штанги и прутки представляют собой цилиндрические или граненые продолговатые изделия с поперечным сечением до 240 x 320 мм, находящие разнообразное применение в прокатной и кузнечной отрасли: как исходный продукт для катанки и профилей, для изготовления таких деталей, как шатуны, коленчатые валы и железнодорожные рельсы, а также валы генераторов и турбин; в качестве готовой продукции при строительстве мостов и кораблей, а также аппаратов и контейнеров.

В соответствии со сферами применения к механическо-технологическим свойствам также предъявляются разнообразные требования: от высокой прочности (для структурных материалов) до пластичности (для последующих процессов деформации).



Испытание на растяжение

Образцы извлекают из продукта, в зависимости от формы изделия или описания в стандарте, и подготавливают к испытанию на растяжение. При этом в качестве образцов можно также использовать сегменты изделий, если поперечное сечение продукта это позволяет.

Требуемые усилия быстро достигают зон свыше 2500 кН. Фирма Zwick уже успешно ввела в эксплуатацию несколько ориентированных на заказчика испытательных систем с нагрузкой до 5000 кН.

В таких случаях к захватам и способам зажима образцов предъявля-



Рис.1: Датчик продольной деформации laserXtens с опцией videoXtens для измерения поперечной деформации

ются особые требования. Для этого фирма Zwick разрабатывает не только новые захваты, но также и новые технологии, предотвращающие преждевременное разрушение образцов в местах зажима.

- Широкий спектр захватов для усилий до 2500 кН
- Широкий спектр насадок зажимных губок
- Разнообразие поверхностных структур для этих насадок и
- Разнообразие типов обработки поверхности для насадок

Определение твердости

Существуют различные методы испытаний на твердость: от определения микротвердости для структурных составляющих до испытаний на твердость с большой нагрузкой по Бринеллю (HBW10/3000).

Так как испытания на твердость являются простыми, быстрыми и надежными, их проводят довольно часто, наряду с определением других параметров.

У продолговатых изделий часто определяют прокаливаемость материала, для этого после

термической обработки определяют распределение твердости вдоль прутка (испытание "Jominy"). Для всех необходимых методов определения твердости фирма Zwick предлагает соответствующие твердомеры (в т.ч. автоматизированные приборы для испытаний "Jominy").

- Твердомеры для всех нормативных методов испытаний на твердость
- Для всех важных на практике ступеней нагружения
- Для инструментированных испытаний с усилием до 2500 Н
- Автоматизированные и портативные твердомеры



Рис.2: Испытание образца по методу "Jominy"

Испытание на усталость

Сферы применения продукции в транспортной и энергетической промышленности предъявляют особые требования к запасу прочности продуктов и производимых из них конструктивных элементов. В процессе усталостных испытаний определяются параметры эксплуатационной прочности и выносливости, имеющие зачастую важное значение при выборе материала и конструктивной разработке изделий. Образцы испытываются при переменной нагрузке, а также в условиях знакопеременного нагружения. Для этого фирма Zwick обычно предлагает машины для испытаний на усталость с электромагнитным приводом и усилием до 600 кН. Самая большая эксплуатируемая сервогидравлическая испытательная машина достигает усилия в 5000 кН.

- надежные, проверенные на практике сервогидравлические системы
- надежные системы с электромагнитным резонансным приводом
- зажимные приспособления для всех важных испытаний
- системы регулирования, управления, анализа разработаны и изготовлены на фирме Zwick



Рис.1: Испытание цилиндрического образца на усталость

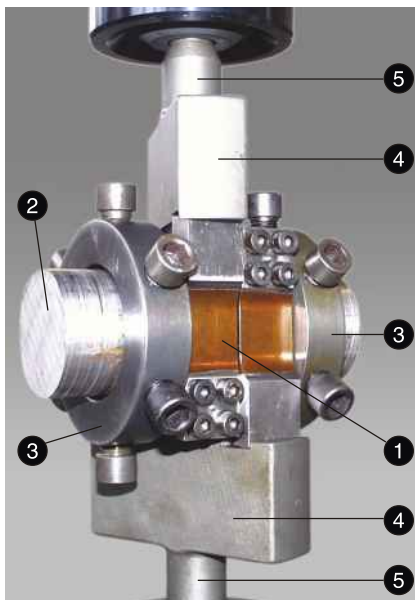


Рис.2: Приспособление для НФР

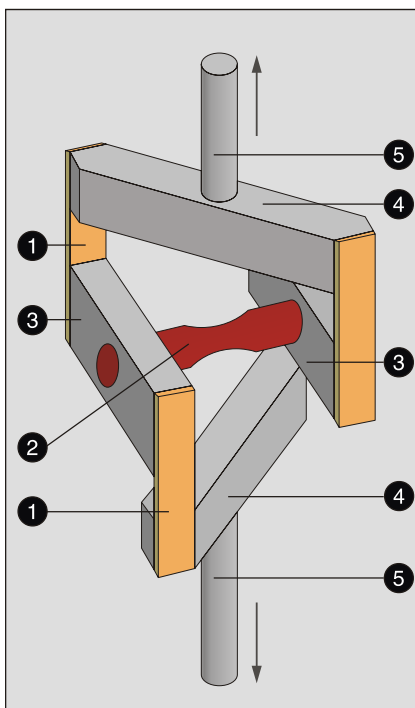


Рис.3: Принцип функционирования приспособления для испытаний на кручение

- 1 пары плоских пружин
- 2 цилиндрический образец
- 3 фланец
- 4 поперечина
- 5 шейка

Усталость в условиях крутильных колебаний

Интерес вызывают свойства продолговатых продуктов в условиях кручения. Для статических испытаний фирма Zwick предлагает приводы, которые в комбинации с испытательной машиной прикладывают к образцу крутящие моменты, что позволяет определять соответствующие параметры. При этом также возможно наложение нескольких осей усилия.

Для усталостных испытаний при высокой переменной нагрузке крутящего момента в высокочастотном пульсаторе (HFR) с помощью специальных приспособлений возможно достижение частот свыше 200 Гц. Благодаря использованию резонанса испытания можно проводить не только быстро, но и экономично (малые затраты энергии).

- ориентированная на заказчика конструкция приспособлений
- быстрое проведение испытаний
- высокая эффективность расхода энергии
- нет необходимости в сложном техобслуживании

Другие испытания штанг и прутков

- испытания на растяжение при высокой температуре
- испытания на длительную прочность
- испытания на изгиб и сжатие
- испытания на изгиб с вращением
- испытания образцов с надрезом на ударный изгиб
- определение механики разрушения

3.5 Профили и арматура

Профили из различных материалов прокатывают или вытягивают из исходных продуктов (болванок или штанг), в некоторых случаях также сваривают из пруткового материала. Они широко используются в самых разных областях, поэтому испытания их механическо-технологических свойств также многогранны и разнообразны. Вместе с арматурой или рифленой арматурной сталью, без которых не обходятся надземное и подземное строительство, они образуют группу важных структурных материалов, которые – как в случае арматурной стали – находятся под правительственным контролем.



Испытание на растяжение

Так как бетон очень устойчив к сжатию, но менее устойчив к растяжению, его усиливают арматурной сталью. Диаметр изготавливаемой арматуры, в основном, находится в диапазоне от 5 мм до 60 мм.

Из арматуры меньшего диаметра изготавливают маты или решетчатые опоры, а затем на месте заливают бетоном.

Особые требования предъявляются к испытаниям этой рифленой арматурной стали, т.к. здесь не требуется проведения работ по механической пробоподготовке, кроме поперечной распиловки.

Необходимое измерение деформации на образце для точного определения предела текучести в подавляющем большинстве случаев проводится с помощью датчика продольной деформации Макго. Он надежно регистрирует

деформацию вплоть до разрушения образца, не получая при этом повреждений.

Датчик продольной деформации Макго отличается следующими свойствами:

- высокая прочность измерений до разрушения образца
- специальный способ крепления ножей на наконечниках щупов
- автоматическая установка щупов на образец, а также снятие
- большой диапазон диаметров образцов
- полная интеграция в автоматический процесс испытания
- нет необходимости в ручном управлении
- автоматический возврат из рабочей зоны (опция)

Испытание на изгиб

Испытания арматурной стали на изгиб предназначены для определения пластичности. При этом образец не должен терять прочности, и при визуальном анализе не должно быть обнаружено трещин. Стандарты регламентируют различные радиусы пуансона и опор.

Угол изгиба, по всем правилам, составляет 90° или 180°. Для таких испытаний фирма Zwick предлагает гидравлические испытательные машины и соответствующие стандартам гибочные приспособления.

По желанию можно настроить две рабочие зоны в электромеханической испытательной машине и проводить испытания на растяжение и изгиб. В этом случае не будет необходимости в переоборудовании рабочей зоны с одного вида испытаний на другой.

- система ввода для простой адаптации гибочного приспособления
- гибочные приспособления в соответствии со стандартами
- использование двух рабочих зон в одной испытательной машине



Рис.1: Испытание рифленой арматурной стали на растяжение с датчиком продольной деформации Макго

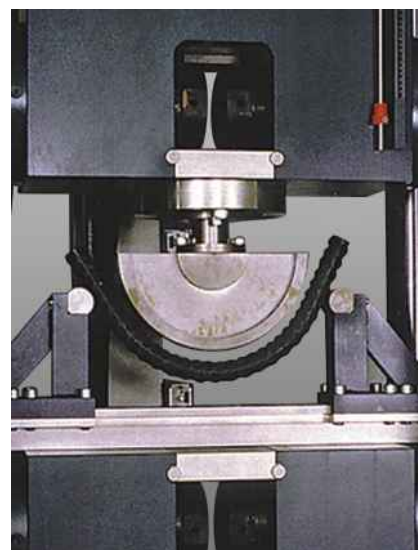


Рис.2: Приспособление для испытаний рифленой арматурной стали на изгиб

Испытание на срез

У матов и решетчатых опор для армирования испытывают точки сварки на срез. Для этого образцы вырезаются из сваренных матов и решетчатых опор и устанавливаются в специальные захваты с геометрическим замыканием. Для такого типа испытаний данные захваты должны быть четко адаптированы к диаметру и положению рифленой проволоки, чтобы не влиять на усилия среза. В этой области фирма Zwick обладает многолетним опытом, разработан широкий спектр аксессуаров.



Рис.1: Испытание сварного шва, T-образное соединение



Рис.2: Испытание решетчатой опоры на срез



Рис.3: Крепление испытательного приспособления

Автоматизация испытаний арматурной стали

Арматурная сталь изготавливается в больших количествах, ее следует постоянно испытывать для контроля качества. На фирме Zwick разработаны автоматизированные испытательные системы. Отрезанные от прутковой заготовки или вырезанные из матов и решетчатых опор образцы вручную укладываются в магазины, затем весь процесс испытания проводится полностью автоматически. С помощью такой системы можно также проводить испытания на искусственное старение при температуре 100°C.



Рис.4: Роботизированная система для испытаний арматурной стали



Рис.5: Автоматическое измерение длины

При этом поперечные сечения определяются автоматически и с высокой точностью, опционально возможна сортировка испытанных образцов (в зависимости от результатов) для последующего визуального анализа.

- ориентированные на заказчика комплексные решения
- интеграция всех важных испытаний
- высокая готовность оборудования
- опции для передачи сообщений о неисправностях

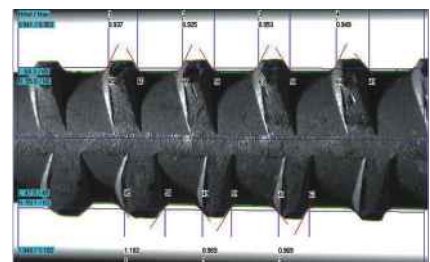


Рис.6: Автоматический промер рифлений

Циклическое испытание

В некоторых странах для определения сейсмостойкости высотных зданий необходимо подвергать арматурную сталь специфическим испытаниям. При этом по стандарту проводятся циклические испытания образцов из рифленой арматурной стали на растяжение/сжатие, превышение упругой деформации образцов. Зажимная длина, ход траверсы и частота регламентируются стандартами в зависимости от диаметра образца. После испытания проводится визуальный анализ деформированного образца на наличие трещин.

Работа (необходимая для таких испытаний кратковременная энергия) затрачивается значительная. На фирме Zwick для такого испытания разработана сервогидравлическая испытательная машина с гидроаккумулятором, способная прикладывать усилия свыше 1200 кН при ходе траверсы более 20 мм с частотой более 1 Гц.

- испытания на сейсмостойкость по стандарту
- гидравлические захваты с параллельным зажимом для сжимающего и растягивающего нагружения



Рис.1: Рассчитанная на большие нагрузки машина для испытаний на сейсмостойкость по стандарту

Испытание на усталость

По стандарту арматурная сталь должна обладать определенной эксплуатационной прочностью, которая требует подтверждения. Такие испытания на усталость быстрее и экономичнее всего проводить с помощью резонансных пульсаторов. Высокочастотные пульсаторы (НФР) фирмы Zwick с усилием до 600 кН представляют собой оптимальное решение данной задачи. Диаметр образцов может достигать до 36 мм, начиная с 14 мм их следует заливать, для этого существует специальное приспособление.



Рис.2: Захваты и заливка образца из рифленой арматурной стали

3.6 Проволока и кабели

Проволока представляет собой широко распространенную форму изделий из металлов; из любых металлов можно сделать проволоку.

Проволока находит применение во всех производственных отраслях промышленности: строительстве, электротехнике и энергетике, самолетостроении и автомобильной промышленности, в области медицинской техники.

Сплетенная в кабели проволока приобретает несущие свойства, используемые в фуникулерах, лифтах, подъемных кранах, а также при строительстве мостов, в анкерных и крепежных изделиях.

Из-за различных сфер применения к проволоке предъявляются самые разные механическо-технологические требования, а параметры испытаний чаще всего имеют отношение к безопасности.



Испытание проволоки на растяжение

Испытания проволоки на растяжение предъявляют определенные требования к захватам. Проволока может быть очень тонкой и одновременно очень прочной. Ее не подвергают обработке для испытания, просто режут на сегменты и зажимают. Уже сам зажим между губками захватов может стать причиной разрушения образца в нежелательном месте. Фирма Zwick предлагает захваты с различными техниками зажима для надежного проведения испытаний. Для измерения деформации тонкой проволоки можно использовать опти-

ческий датчик продольной деформации videoXtens, для более толстой проволоки – оптический или контактный длинноходовой датчик.

- широкий спектр захватов для проволоки
- правильный датчик продольной деформации для каждого применения

Испытание арматурных прядей на растяжение

Арматурная прядь представляет собой несколько переплетенных друг с другом проволок, которые при растягивающем нагружении выскальзывают из захвата. Для таких испытаний фирма Zwick предлагает специальную зажимную технику, которая предотвращает преждевременное разрушение образцов в нежелательном месте. Разрушение арматурной пряди происходит одновременно с освобождением

отдельных проволок, которые могут нанести повреждения контактному датчику деформации. Поэтому в данном случае фирма Zwick делает ставку на оптические длинноходовые датчики.

Оптический длинноходовой датчик:

- большой путь измерения (до 900 мм)
- высокое разрешение (5 мкм) по всему пути измерения

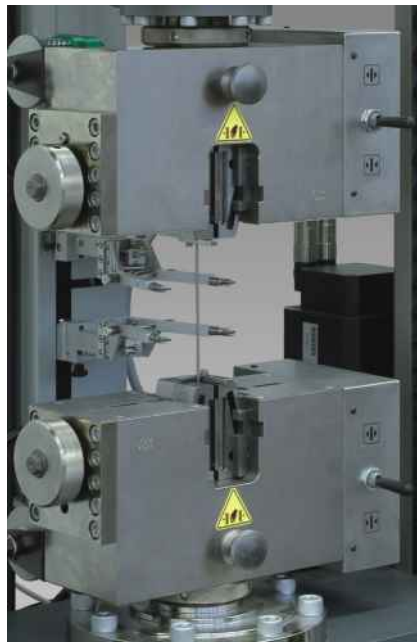


Рис.1: Испытание тонкой проволоки на растяжение с датчиком продольной деформации Макро



Рис.2: Зажимное приспособление для арматурных прядей

Испытание стальных тросов на растяжение

При испытаниях тросов на растяжение наряду с высокими усилиями следует также учитывать высокую деформацию. При разрушении образца порванные отдельные проволоки наносят обратный удар с большой энергией. Необходимо принимать меры предосторожности, чтобы испытание было безопасным.

Испытания на изгиб с вращением

Во многих областях применения изделия подвергаются различным переменным нагрузкам. Эксплуатационную прочность можно легко и быстро определять в процессе испытания на изгиб с вращением. К вращающемуся с высокой скоростью (до 6000 об/мин) образцу дополнительно прикладывается перпендикулярное относительно оси вращения усилие. Этот изгиб вместе с вращением обеспечивает переменное нагружение поверхности образца на растяжение и сжатие. Подготовка образца очень важна, в особенности если речь идет о безупречной поверхности.



Рис.1: Горизонтальная машина для испытаний стальных тросов



Рис.2: Машина для испытаний на изгиб с вращением (UBM)

Другие испытания проволоки и кабелей

- испытание на кручение
- определение твердости
- испытание на усталость

3.7 Трубы

По трубам транспортируются гранулированные продукты, жидкости и газы, агрессивные и нейтральные материалы.



Трубы используются в самых разных условиях: в атомных электростанциях, подземных и надземных магистралях для транспортировки нефти и газа, для подачи топлива и отвода ОГ в двигателях, для производства сырья в химической промышленности.

По этой причине трубы изготавливаются из разных материалов и сплавов с помощью различных производственных процессов. Спектр форм изделий кажется безграничным.



Рис.1: Образец из сегмента трубы

Испытание на растяжение

Существуют различные варианты испытаний труб на растяжение в соответствии с формами изделий. Тонкие трубки зажимают на концах и затем растягивают. При испытаниях труб большего диаметра используются вставки, чтобы избежать повреждения при зажиме. Из стенок больших труб вырезают сегменты, из которых затем изготавливают нормативные образцы. В некоторых случаях образцы – вырубленные в продольном направлении – обладают кривизной радиуса трубы; при необходимости этот радиус компенсируют с помощью соответствующих зажимных губок. Для таких испытаний фирма Zwick предлагает не только машины с усилием от 500 Н до 2500 кН, но и подходящие захваты.



Рис.2: Испытание сегмента трубы на растяжение



Рис.3: Машина для испытаний с большими нагрузками с гидравлическими захватами с двусторонним закрытием

Испытания на сжатие

Вершинные испытания труб на сжатие проводятся для проверки стабильности и в то же время пластичности. Эти свойства имеют особое значение при подземном проложении труб, поскольку сейсмическая активность почвы не должна влиять на надежность трубопроводных систем. В зависимости от диаметра труб рабочую зону испытательной машины фирмы Zwick можно настроить таким образом, чтобы обращение с образцами было простым и быстрым.



Рис.1: Вершинное испытание на сжатие

Испытание падающим грузом

Для тестирования нефте- и газопроводов большого диаметра вырубленные из стенок труб образцы подвергаются испытанию падающим грузом по методу API 5L. На образцы, имеющие толщину равную толщине стенке трубы, сбрасывается груз с бойком. Энергия – вес и высота сброса – настраивается таким образом, чтобы образец разрушился и можно было визуально оценить поверхность разрушения. Для испытаний такого типа фирма Zwick предлагает копры с падающим грузом, рассчитанные на энергию до 100.000 Дж.

Другие испытания труб:

- испытания на растяжение при высокой температуре
- испытания на длительную прочность
- определение твердости
- испытания сварных швов
- испытания на усталость
- испытания образцов с надрезом на ударный изгиб



Рис.2: Большой копер с падающим грузом (DWT)

3.8 Литые и кованные изделия

Литые и кованные изделия применяются преимущественно в автомобильной промышленности и в самолетостроении, а также при строительстве электростанций. С помощью литья можно экономично производить комплексные фасонные детали. При этом особенно в моторостроении все больше используется литье из легких сплавов для уменьшения веса. При экстремально высоких требованиях к прочности (в условиях высокого давления или ударных нагрузок) используются кованные изделия. Например, коленчатые валы и шатуны (моторостроение), валы привода генераторов и турбин (строительство электростанций).



Испытание на усталость

На практике очень большое значение придается оценке эксплуатационной прочности именно литых и кованных изделий. Для этого образцы и даже готовые изделия (например, кованные шатуны) интенсивно подвергаются испытаниям при циклическом нагружении. Условия эксплуатации воспроизводятся в резонансных испытательных машинах, готовые изделия нагружают циклическими усилиями до 600 кН с частотой до 300 Гц. Наряду с этими очень эффективными и экономичными резонансными испытательными машинами фирма Zwick предлагает широкий ассортимент сервогидравлических машин.

Испытание на растяжение

Литые и кованные изделия изготавливаются таким образом, чтобы для их дальнейшего применения требовалось как можно меньше дополнительной обработки. При испытаниях на растяжение это означает либо извлечение образцов в специфицированных местах, либо использование всего изделия для определения прочности при растяжении. Для испытаний изделий наряду с наличием специфических опор и креплений требуется также и наличие высоких усилий, в то время как из-за геометрии изделий окончательные размеры образцов часто бывают небольшими. Для испытаний малых цилиндрических образцов фирма Zwick



Рис.1: Испытание цилиндрического образца на растяжение



Рис.2: Испытание шатуна на усталость в масляной среде

предлагает специальные захваты, простые в управлении и позволяющие применять автоматические датчики продольной деформации; для испытаний изделий предлагается обширный пакет аксессуаров и опций.

Определение твердости

Значение твердости является важной характеристикой литых и кованных изделий для контроля процесса производства. Для испытаний изделий часто применяется метод по Бринеллю с высокими усилиями, чтобы с помощью больших отпечатков получать стабильное среднее значение числа твердости.

Твердость структурных составляющих определяется по методу определения микротвердости по Виккерсу. Наряду с комфортабельными твердомерами по Бринеллю с автоматическим измерением отпечатков до ступени усилия 3000 (29.000 Н) фирма Zwick также предлагает обширную программу микротвердомеров по Виккерсу, вплоть до полностью автоматических приборов.

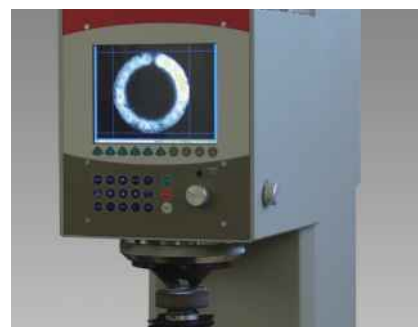


Рис.3: Испытание по Бринеллю с опцией освещения кольцевым светом

Другие испытания литых и кованных изделий:

- испытания на растяжение при высокой температуре
- испытания на длительную прочность
- испытания на кручение
- испытания на изгиб с вращением
- испытания образцов с надрезом на ударный изгиб

3.9 Крепежные элементы

К крепежным элементам, в первую очередь, относятся болты и гайки всех типов. Однако крюки и проушины, а также пальцы и заклепки тоже соединяют вместе детали, которые не должны разъединяться под нагрузкой. Техника соединений в общем (в особенности сварка) со своими соединительными элементами также относится к данной группе.



Испытание на срез

Наряду с одноосным растягивающим нагружением крепежные элементы могут также подвергаться воздействию срезающих усилий, которые могут быстро разрушить соединение.

Поэтому проведение испытаний соединенных изделий или образцов на срез является обязательным. В особенности это касается заклепочных соединений. При этом важное значение придается точности приложения нагрузки, чтобы никакие усилия, кроме срезающего, не воздействовали на образец и не искажали результаты.

Специалисты фирмы Zwick вместе с заказчиками определяют параметры для корректной фиксации образцов или изделий, а затем изготавливают соответствующие приспособления.



Рис.2: Захваты для испытаний болтов



Рис.1: Испытание заклепочного соединения на срез

Эти приспособления могут быть самыми простыми или комплексными, но всегда четко выполняют свою задачу.

Испытание болтов на усталость

Наряду со статическим нагружением крепежные элементы могут подвергаться воздействию циклических нагрузок. Речь идет в том числе о вибрации. Испытания болтов на усталость быстрее и эффективнее всего проводить с помощью высокочастотного пульсатора. К захватам, предназначенным для испытаний болтов или других крепежных элементов, можно прикладывать циклические усилия до 600 кН в диапазоне частоты до 300 Гц. Благодаря электромагнитному приводу, приводящему систему вместе с образцом в управляемый резонанс, расход энергии при таких испытаниях минимален, что является экономически выгодным.



Рис.1: Испытание болтов на усталость



Рис.2: Болты после разрушения

Испытание H-образных образцов на усталость

В так называемых H-образных образцах при циклическом растяжении и сжатии соединительные элементы нагружаются на срез.

Предусмотренное для таких образцов испытательное приспособление сначала распределяет усилия по всей структуре. Прогиб и вместе с тем разъединение структуры можно регистрировать с помощью датчика деформации.

На основе значений деформации испытательная машина – в данном случае опять резонансный пульсатор – может, в зависимости от проведения испытания, управлять усилиями или деформацией.

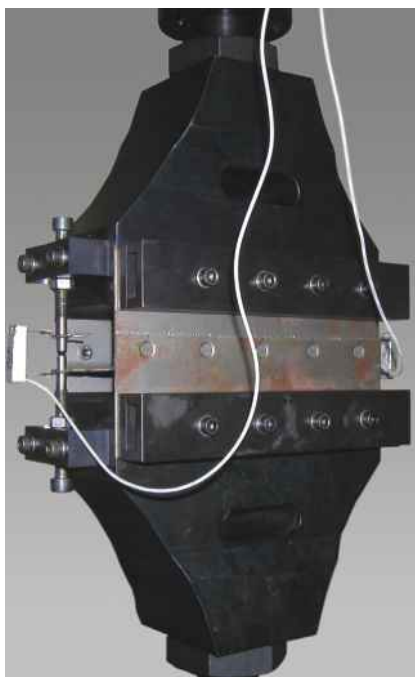


Рис.3: Испытание H-образных образцов на усталость



Рис.4: H-образные образцы до испытания

Другие испытания крепежных элементов

- испытания на длительную прочность
- испытания на изгиб и сжатие
- испытания на кручение
- определение твердости
- испытания падающим грузом

4. Оборудование и услуги для квазистатических испытаний материалов

4.1 Машины для испытаний материалов

Область применения

С помощью испытательных машин определяются прочностные и деформационные характеристики материалов и деталей при растяжении, сжатии и изгибе, а также при разрыве и скручивании. Также испытательные машины отличаются большим ходом траверсы, различными скоростями испытаний, сменными измерительными датчиками и инструментами и т.д. Это позволяет испытывать образцы и детали различных форм и размеров из самых разных материалов и их комбинаций и определять их различные свойства.

Основная концепция

Для того чтобы предложить оптимальную машину, полностью отвечающую требованиям заказчика, в основную концепцию группы фирм Zwick/Roell входят три модельных ряда машин для статических испытаний. Они отличаются друг от друга конструкцией, оснащением, производственными характеристиками и возможностями расширения.



Рис.1: Машины серии zwicki-Line в трех разных вариантах по высоте

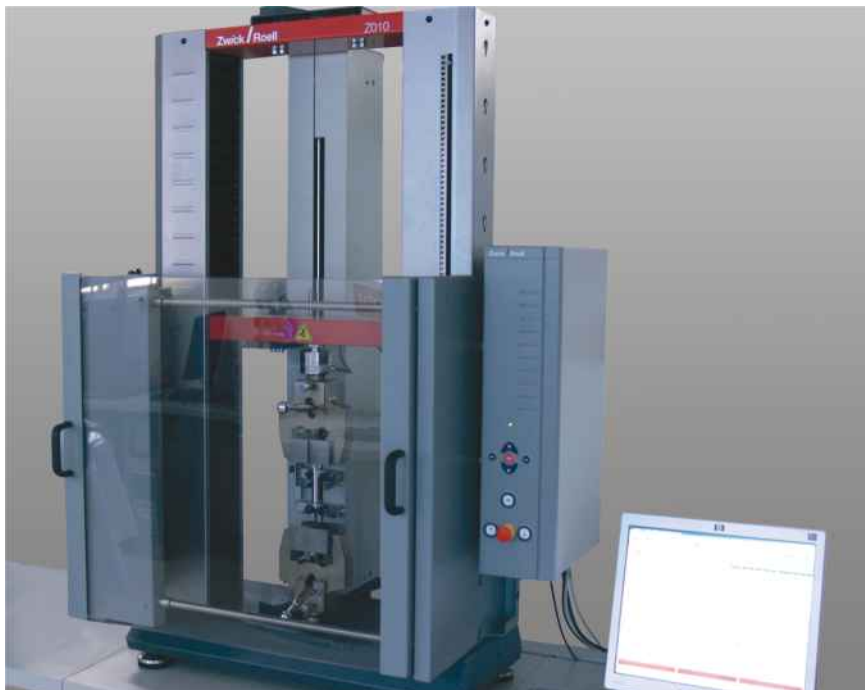


Рис.2: Машина ProLine Z050TN с защитным приспособлением

- Серия zwicki-Line – высококачественные и компактные испытательные машины. Простые в обслуживании и транспортабельные одноколонные нагружающие рамы специально разработаны для механических испытаний усилием от 0,5 до 5 кН.

- Серия ProLine была разработана для удовлетворения спроса на экономичные машины для функциональных испытаний деталей и стандартных испытаний материалов. Ассортимент принадлежностей гарантирует выгодную стоимость, а также кратчайшие сроки поставки. Возможные усилия испытания в диапазоне от 5 до 100 кН.

- Машины серии Allround-Line решают сложнейшие задачи испытаний и соответствуют самым высоким требованиям. Эти машины можно оснастить и дополнить большим количеством принадлежностей. К ним также можно подключить специальные датчики и многоканальную измерительную систему.

Нагружающие рамы

Обычно мы проектируем и производим нагружающие рамы для номинальных усилий до 2500 кН. В особых случаях мы изготавливаем специальные варианты рам (напр., для больших нагрузок или в горизонтальном исполнении – для испытаний длинных тросов).

Одноколонное исполнение машин серии zwicki-Line

Основой нагружающей рамы служит алюминиевый профиль, разработанный специально для серии zwicki-Line. Рабочая зона доступна с трех сторон, что позволяет использовать машины этой серии для испытаний деталей, а также для определения твердости. Благодаря небольшому весу и компактности эту модульную систему легко перемещать, для нее найдется место на любом лабораторном столе.

Одно- и двухколонные настольные машины ProLine

Нагружающие рамы машин ProLine имеют две круглые стальные колонны, обеспечивающие точное перемещение траверсы. Интегрированная защита шпинделя и направляющих гарантирует надежность эксплуатации на производстве или в ходе испытания материалов, при разрушении которых образуются осколки.

Настольные и напольные машины серии Allround-Line

Настольные машины оснащены двумя колоннами из запатентованного алюминиевого профиля. Они очень легкие, прочные и одновременно служат как направляющие и защита шпинделя.

T-образные пазы с внешней стороны позволяют осуществлять простую и не зависящую от подвижной траверсы установку принадлежностей (напр., защитные приспособления или даже предметы мебели).



Рис. 1: Машина в настольном исполнении серии Allround-Line Z100

Все машины настольного типа могут быть оснащены конструкцией для установки на полу. При этом можно установить рабочую зону на оптимальную для оператора высоту. Это позволяет осуществлять управление в удобном сидячем положении (даже в инвалидном кресле). Напольные машины отличаются высокой точностью благодаря хромированным направляющим колоннам и высокоточным шарико-винтовым парам с отрегулированными без зазора шпиндельными гайками. Мы предлагаем различные варианты установки

траверсы в зависимости от выбора рабочей зоны: верхняя, нижняя или обе сразу. На машинах с гибридным приводом неподвижные поршневые штоки одновременно являются несущими и направляющими колоннами.

Все нагружающие рамы с электро-механическими приводами могут быть оснащены второй рабочей зоной (опция), что позволяет, например, осуществлять быструю смену вида испытания без переоборудования.



Рис. 2: Машина в напольном исполнении серии Allround-Line Z600

4.2 Приводы для квазистатических задач испытаний

Электромеханические приводы

Основой всех электромеханических машин являются безззорные и износоустойчивые шарико-винтовые пары и электромоторы с цифровым управлением. Они устанавливаются на нагружающие рамы с усилием до 1200 кН. В совокупности с цифровой системой измерения, управления и регулирования они обладают следующими преимуществами:

- Широкий, бесступенчатый диапазон скоростей
- Возможность очень маленькой скорости (от ок. 0,5 мкм/мин)
- Высокая точность воспроизводимости положения и скорости

Нагружающие рамы и приводы zwicki-Line

Модель	Z0.5	Z1.0	Z2.5	Z5.0
• Макс. усилие [кН]	0,5	1,0	2,5	5,0
• Высота рабочей зоны				
укороченная версия [мм]	570	570	573	–
нормальная версия [мм]	1070	1070	1073	1030
увеличенная версия [мм]	1370	1373	1373	–
• Ширина рабочей зоны [мм]	∞	∞	∞	∞
• Глубина рабочей зоны [мм]	100	100	100	100
• Макс. скорость перемещения траверсы [мм/мин]	2000/3000	2000	1000	600
• Разрешение перемещения траверсы [мкм]	0,2453	0,2265	0,0996	0,0399
• Макс. потребл. мощность [кВА]	0,44	0,44	0,44	0,44

Нагружающие рамы и приводы ProLine

Модель	Z005	Z010	Z020	Z030	Z050 ¹⁾	Z100
• Макс. усилие [кН]	5	10	20	30	50	100
• Высота рабочей зоны [мм]	1070	1050	1050	1370	1370	1360
• Ширина рабочей зоны [мм]	440	440	440	440	440	640
• Глубина рабочей зоны [мм]	∞	∞	∞	∞	∞	∞
• Макс. скорость перемещения траверсы [мм/мин]	500	1000	500	300	180/600	300
• Разрешение перемещения траверсы [мкм]	0,039	0,038	0,018	0,012	0,007/0,016	0,008
• Макс. потребл. мощность [кВА]	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8/2,6	3

¹⁾Для данной машины возможны два варианта приводов.

Испытательные машины ProLine и zwicki-Line оснащены экономичными приводами постоянного тока, все остальные – малоинерционными коллекторными приводами переменного тока.

Гидравлические приводы

Такой привод устанавливается по центру на верхней неподвижной траверсе, что обеспечивает удобный доступ к расположенной ниже рабочей зоне. Серво- или пропорциональный клапан регулирует циркуляцию масла между гидростанцией и дифференциальным цилиндром. Масляный буфер в верхней камере нагнетания предотвращает «скачок» плунжерного поршня при разрушении образца. Гидравлический привод является экономичным решением для испытаний при больших нагрузках.

Гибридные приводы

В этом запатентованном приводе сочетаются преимущества электромеханического (высокая точность) и гидравлического (большая концентрация усилия) приводов.

Результат: даже цилиндры с большим диапазоном перемещения, рассчитанные на очень большие нагрузки, можно перемещать и позиционировать с высокой точностью.

Согласно этому принципу, два расположенных параллельно и связанных с подвижной траверсой цилиндра равномерного хода перемещаются синхронно вне зависимости от текущей нагрузки, четко и практически мгновенно следуя указаниям электромеханического привода.

Отличительные признаки такого привода:

- Большой диапазон перемещения (перестановки неподвижной траверсы не требуется)
- Сравнительно небольшая высота нагружающей рамы
- Высокоточное позиционирование траверсы

Нагружающие рамы и приводы Allround-Line (настольное исполнение)

Модель	Z005	Z010	Z020	Z030	Z050	Z100	Z150
• Макс. усилие [кН]	5	10	20	30	50	100	150
• Высота рабочей зоны							
Норма [мм]	1045/1025	1045/1025	1045/1025	–	–	–	–
Увеличена [мм]	1445/1425	1445/1425	1445/1425	1355/1325	1355/1325	1355	1535
Спец. увеличена [мм]	1795/1785	1795/1785	1795/1785	1755/1725	1755/1725	1755	–
• Ширина рабочей зоны							
Норма [мм]	440	440	440	440	440	–	–
Увеличена [мм]	640	640	640	640	640	640	640
• Глубина рабочей зоны [мм]	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
• Макс. скорость перемещения траверсы [мм/мин]	3000	2000	1000/2000 ³⁾	1000	600	750/1500 ³⁾	900
• Разрешение перемещения траверсы [мкм]	0,0410	0,0272	0,0136/0,0543 ³⁾	0,0271	0,0163	0,0207	0,0123
• Макс. потребляемая мощность [кВа]	2	1,9	2,1/2,6 ³⁾	2,3	2,3	4/6	5,5

Нагружающие рамы и приводы Allround-Line (напольное исполнение)

Модель	Z050/Z100	Z150/Z250	Z300E	Z400E	Z600E	Z1200E
• Макс. усилие [кН]	50/100	50/250	300	400	600	1200
• Высота рабочей зоны [мм]	1825/1760 ¹⁾	1715/1655 ¹⁾	1785	1785	1940	2266
• Ширина рабочей зоны						
Норма [мм]	630	630	630	630	740	800
Увеличена [мм]	1030	1030	–	–	–	–
• Глубина рабочей зоны [мм]	∞	∞	∞	∞	∞	∞
• Макс. скорость перемещения траверсы [мм/мин]	1000/2000 ³⁾	900/600	250	250	200	400
• Разрешение перемещения траверсы [мкм]	0,0270	0,0123/0,0082	0,0035	0,0035	0,002	0,0041
• Макс. потребляемая мощность [кВА]	4/5 ³⁾	5,5/6	7/13 ²⁾	7/13 ²⁾	20/26 ²⁾	20/25 ²⁾

¹⁾ Второе значение для машин с увеличенной рабочей зоной
²⁾ В зависимости от выбранного привода и его мощности
³⁾ Повышенная мощность при использовании гидравлических захватов

Нагружающие рамы и приводы для больших усилий

(стандартная программа с гидравлическим или гибридным приводом)

Модель	Z400H	Z600H	Z1200H	Z1600H	Z2000H	Z600Y	Z1200Y	Z2000Y
• Макс. усилие [кН]	400	600	1200	1600	2000	600	1200	2000
• Рабочая зона								
Ширина [мм]	670	670	850	800	850	790	860	1200
Высота [мм]	1578	1578	1876	2076	2236	1895	2330	2495
Высота [мм] с регулируемой траверсой	1878	1878	2184	2834	2829	–	–	–
• Макс. перемещение [ход, мм]	500	500	600	600	600	850	1000	1000
• Разрешение перемещения траверсы [мкм]	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,05	0,05	0,05
• Макс. скорость испыт. [мм/мин]	340	340	200	250	200	250	250	250
• Кол-во несущ./направл. колонн	2	2	4	4	4	2	2	2
• Макс. потребляемая мощность [кВА]	8,5	8,5	15	20	20	8,5	15	25



Рис.1: Испытательная машина Z2000H



Рис.2: Испытательная машина Z2000H



Рис.3: Машина серии SP

Машины для испытаний металлов серии SP

Эта машина специально разработана для испытаний плоских, круглых и профильных образцов из стали. Кроме испытаний на растяжение с ее помощью можно также производить испытания на сжатие, изгиб и образование складок. Машина оснащена особо прочной нагружающей рамой с центральным гидравлическим приводом, расположенным на верхней неподвижной или регулируемой (на выбор) траверсе. Машина обычно оборудована клиновыми захватами с гидравлическим приводом.

Для измерения усилия испытания применяется электронный датчик силы. Для измерения деформации используются датчик продольной деформации "Makro", а также навесной датчик "Clip-on". Несмотря на внушительные размеры, данная машина не требует специального фундамента. Она устанавливается на резиновые маты, лежащие прямо на бетонном полу.

Машины серии SP с центральным гидравлическим приводом (номинальное усилие от 400 до 1500 кН)

Модель	SP400.xx	SP600.xx	SP1000.xx	SP1200.xx	SP1500.xx
• Макс. усилие [кН]	400	600	1000	1200	1500
• Рабочая зона:					
Высота [мм] ¹⁾	100-600	100-600	120-720	120-720	120-720
Высота мм ²⁾	0-800	0-800	0-900	0-1000	0-1000
Ширина [мм]	670	670	700	850	850
• Макс. перемещение [ход, мм]	500	500	600	600	600
• Разрешение хода поршня [мкм]	5	5	5	5	5
• Макс. скорость испыт.[мм/мин]	250	200	200	200	200
• Количество колонн	2	2	4	4	4
• Макс. потребляемая мощность кВА	10	10	18	18	18

¹⁾ с неподвижной верхней траверсой

²⁾ с регулируемой верхней траверсой

4.3 Машины для испытаний листового металла на глубокую вытяжку

Область применения

Проверка деформируемости листового металла согласно действующим стандартам (DIN EN ISO 20482, DIN EN 1669)

Проверка влияния обработки поверхности и смазочных средств в процессе типовых испытаний (испытание на глубокую вытяжку и испытание на вытягивание стаканчиков). Проверка воздействия приспособления и параметров испытания на процесс деформации.

Отличительные признаки:

- Возможность легкой и быстрой замены испытательных приспособлений (например, вытяжного толкателя, прижима образца и т.д.). Существуют многочисленные модульные варианты демонтажа.
- Малые значения трения между поршнем и цилиндром обеспечивают точную регистрацию измерений и отличную воспроизводимость.
- Гидравлический выталкиватель стаканчиков с интегрированным поршнем, шток поршня проходит через вытяжной толкатель (начиная с BUP 200).

- Поворотный блок электроники, позволяющий оптимально настраивать угол считывания данных. Все элементы управления расположены эргономично.
- Вытяжка стаканчиков без зажима вершины благодаря настраиваемому автоматическому разгрузению усилия прижима образца во время испытания (начиная с BUP 200).
- Автоматическая настройка выбранного усилия прижима после штамповки.
- Автоматический возврат поршня и отключение после завершения испытания при выявлении трещины или достижении максимального пути вытяжки (s-лимит).
- Возможность изменения скорости вытяжки во время испытания (начиная с BUP 400).
- Гидравлическое открытие и закрытие насадки приспособления.



Рис.2: Электронная панель индикации



Рис.1: Машина для испытаний на глубокую вытяжку BUP 1000



Рис.3: BUP 200 с модулем анализа кривой пограничной деформации (FLC)

Машины для испытаний на глубокую вытяжку (BUP)

Модельный ряд	BUP 100	BUP 200	BUP 400	BUP 600	BUP 1000
• макс. усилие вытяжки [кН]	100	200	400	600	1000
• макс. усилие прижима образца [кН]	25	25	400	600	1000
• усилие штамповки [кН]	–	150	400	600	1000
• макс. ход испытания [мм]	80	80	120	120	150
• макс. скорость испытания [мм/мин]	750	750	750	750	750
• диаметр лунок [мм]	150	150	270	270	270
• макс. ширина образца [мм]	120	120	260	260	260
• макс. толщина образца [мм]	6	6,4	10	10	10
• макс. диаметр лунок [мм]	–	118	250	250	250
• макс. потребляемая мощность [кВт]	4	4	12	12	12

4.4 Машины и приборы для определения твердости

Машина Zwick/ZHV20/Z 2,5 для определения твердости по Виккерсу

Машина ZHV/zwicki-Line для определения твердости по Виккерсу представляет собой результат интеграции приспособления фирмы Zwick для определения твердости оптическим методом в испытательную машину серии zwicki-Line. Встроенный датчик силы позволяет осуществлять электромеханическое приложение усилия от 2 до 200 Н (ZHV20/Z2.5) или от 3 до 300 Н (ZHV30/Z2.5). На расположенном под углом 90° микроскопе установлена ПЗС-камера с высоким разрешением. В револьверной головке установлены объективы и посадочное приспособление для индентора, так что для их взаимной смены в рабочей зоне достаточно повернуть турель. Револьверная головка оснащена четырьмя посадочными гнездами, благодаря чему можно установить несколько объективов и один индентор.



Рис.1: Машина Zwick/ZHV30/Z 2.5 для определения твердости по Виккерсу с моторизованным координатным столом

Универсальная машина ZHU/zwicki-Line для определения твердости

Универсальная машина ZHU/Z2.5 для определения твердости на базе испытательной машины серии zwicki-Line, наряду с классическими методами определения твердости по Роквеллу, Виккерсу, Кнупу, Бринеллю и вдавливанием шарика, может также применяться для инновационного метода инструментированного испытания для определения твердости, а также дополнительных параметров металлических материалов (так называемая твердость по Мартенсу, -DIN EN ISO 14577).

Благодаря установке запатентованной головки измерения твердости (разрешение 0,02 мкм) с интегрированной цифровой системой измерения глубины и усилия вдавливания в испытательную машину серии zwicki-Line с модифицированным приводом, современной измерительной и регулирующей электроникой testControl и интеллектуальным программным обеспечением testXpert®, получилась идеально согласованная высокоточная измерительная система.

Машину ZHU/zwicki-Line можно заказать с двумя различными рабочими зонами: 350 мм, 850 мм.

Для обеспечения высокоточных измерений в различных сферах применения предлагаются две головки измерения твердости со сменными инденторами и контактными наконечниками: 2 ... 200 Н или 5 ... 2,5 кН.

Интеллектуальное программное обеспечение testXpert® не только поддерживает эту инновационную испытательную систему в стандартных ситуациях (например, для контроля качества продукции), но и предлагает взыскательным специалистам исключительные возможности в области исследований и разработок.

Обширный стандартизированный спектр комплектующих изделий завершает программу ZHU/zwicki-Line. Здесь, кроме всего прочего, предлагаются самые разные инденторы, эталонные меры твердости, крепежные приспособления, опция освещения кольцевым светом, а также координатные столы с ручным и полностью автоматическим управлением.



Рис.2: Универсальная испытательная машина Zwick/ZHU2.5/Z2.5 с головкой измерения твердости

Некоторые рабочие характеристики:

- график на нескольких кривых для прямого сравнения испытаний одной серии,
- конфигурация специфических испытательных процессов: даже специальные процессы легко регламентировать и проводить,
- можно проводить испытания без отрыва от производственного процесса.

Универсальная машина для определения твердости Zwick/ZHU topline с усилием до 3000 кг

Самые современные универсальные машины для определения твердости базируются на технологиях, использующих инновационные мехатронные компоненты, чтобы обеспечить широкую область применения (в особенности при контроле качества продукции, производственном контроле, а также в лабораторных условиях).

Три вида выпускаемых на фирме Zwick твердомеров серии ZHU topLine: ZHU250 top (1 – 250 кгс / 9,8– 2452,5 Н), ZHU750 top (3 – 750 кгс / 29,4 – 7357,5 Н) и ZHU3000 top (20 – 3000 кгс / 196,2 – 29.430 Н) базируются на инновационной оптической технологии масштабирования, избавляющей от необходимости частой смены объективов. В зависимости от приложения нагрузки (принцип замкнутого цикла (Closed-Loop) с датчиком силы) твердомеры предлагают решения относительно метода проведения испытаний: оптический метод или метод измерения глубины отпечатка.



Рис.1: Универсальная машина Zwick/ZHU 250 top с привязкой к ПО testXpert® II

Освещение кольцевым светом (опция)

В качестве опции доступно освещение кольцевым светом, базирующееся на светодиодной технологии. С помощью темнопольного метода освещения создается специальная контрастная картина, которая позволяет проводить точное автоматическое измерение отпечатка, несмотря на неясные очертания кромки (в первую очередь, при испытаниях более мягких материалов (например, < 200 НВ)).

Револьверная головка (опция)

Особого упоминания требует оснащение твердомеров ZHU250 top и ZHU750 top опциональной револьверной головкой, которая позволяет использовать 4 различных индентора и 2 объектива (увеличение: 2,5 / 4 / 10 / 20). В комбинации с моторизованным шпинделем (вместо маховика) это создает максимальное оснащение твердомера, которое можно дополнить многочисленными аксессуарами для самых разных



Рис.2: Револьверная головка для установки четырех инденторов и двух объективов



Рис.3: Темнопольный метод освещения с опцией освещения кольцевым светом

испытательных столов (по желанию заказчика).

Интеллектуальные испытания с помощью ПО testXpert® II (опция)

Через интегрированный интерфейс RS232 осуществляются передача и анализ результатов измерений в ПО фирмы Zwick testXpert® II. Это обеспечивает простое протоколирование результатов, вплоть до привязки к QS-системам.

Микротвердомеры Виккерса Zwick/ZHV1 и ZHV2

В зависимости от необходимого диапазона нагрузок микротвердомеры Виккерса фирмы Zwick принципиально предлагаются в 2 различных вариантах: ZHV1 с грузами от 10 г до 1000 г и ZHV2 с грузами от 25 г до 2000 г. Нормативно приборы соответствуют стандартам:

- по Виккерсу (HV) согласно DIN EN ISO 6507, ASTM E 92 или
- по Кнупу (HK) согласно DIN EN ISO 454, ASTM E 384

Независимо от ступеней нагрузки доступны различные концепции управления:

ZHV-m (ручной) – оператор проводит измерение вручную с помощью микроскопа. Автоматическая револьверная головка позволяет проводить смену индентора и объективов одним нажатием на кнопку.

ZHV-PC – для оптического анализа на ПК. Существует возможность дополнительного оснащения твердомера ZHV1-m или ZHV2-m ПЗС-камерой.

ZHV-s (полуавтомат) / ZHV-a (автомат) – при полу- или полностью автоматическом микротвердомере Виккерса управление осуществляется полностью автоматически согласно настройкам оператора. При этом полуавтомат отличается от автомата необходимостью ручного проведения фокусировки отпечатка.

Моторизованный механизм смены грузов, автоматическое измерение отпечатка, автоматическая револьверная головка с управлением через ПО testXpert® для смены индентора и объективов, а также система управления моторизованными координатными столами и полностью автоматическая последовательность испытаний.



Рис.1: Микротвердомер Виккерса Zwick/ZHV1 с моторизованным координатным столом и ПО testXpert®

Твердомер Виккерса для малых нагрузок Zwick/ZHV30

Ручной твердомер Виккерса Zwick/ZHV30 обеспечивает проведение всех испытаний по методу Виккерса (HV): DIN EN ISO 6507 или ASTM E 92. Благодаря диапазону нагрузок (от 0,2 до 30 кг) твердомер опционально можно оборудовать для проведения испытаний по Кнупу (HK): DIN EN ISO 4545, ASTM E 384 и Бринеллю (HB): DIN EN ISO 6506, ASTM E 10.

Следуя принципу микротвердомера Виккерса фирмы Zwick, измерение на твердомере Zwick/ZHV30 также проводит оператор вручную с помощью микроскопа. Автоматическая револьверная головка позволяет проводить смену индентора и объективов одним нажатием на кнопку. Полностью автоматический процесс испытания после ввода времени не требует вмешательства оператора в течение выдержки. Для оптического анализа результатов на ПК существует возможность дополнительного оснащения твердомера Zwick/ZHV30 ПЗС-

камерой. В этом случае оптическое измерение отпечатка будет проводиться вручную или автоматически через ПО testXpert®.



Рис.2: Ручной твердомер Виккерса для малых нагрузок Zwick/ZHV30

Твердомеры Роквелла Zwick/ZHR

Различные приборы этого семейства разработаны для:

- Классических испытаний по Роквеллу (усилие: 60 – 150 кг)
- Испытания по Супер-Роквеллу (усилие: 15 – 45 кг)
- Комбинации этих испытаний (усилие: 15 – 150 кг)

Эти приборы отличаются запатентованным держателем индентора для измерения твердости в труднодоступных местах и обеспечивают легкость в управлении благодаря:

- автоматическому режиму работы
- возможности выбора нагрузки (рукоятка или сенсорный экран)
- автоматическому приложению и снятию нагрузки
- автоматическому анализу, включая пересчет.



Рис.1: Zwick/ZHR 8150SK для серийных испытаний небольших партий

Портативные твердомеры фирмы Zwick

Портативные методы определения твердости используются в разных областях и вызывают растущий интерес. Для нетранспортабельных или больших изделий и установок не подходят стационарные лабораторные твердомеры. Фирма Zwick предлагает обширную программу переносных твердомеров для самых разных сфер применения.



Рис.2: Переносной твердомер Zwick MIC 10

Твердомер Zwick MIC 10

Переносной прибор Zwick MIC 10 работает по методу UCI (Ultrasonic Contact Impedance по ASTM A 1038). Этот метод позволяет проводить быстрые и удобные измерения. Значения твердости высвечиваются на цифровом индикаторе.

Zwick DynaPocket

Ручной цифровой твердомер, определяющий твердость методом отскока (Либ) (по ASTM A956). Компактное исполнение позволяет проводить измерение массивных изделий из стали и сплавов, также в труднодоступных местах.

Клещи Уэбстера

Переносные, удобные в работе клещи с индикацией глубины проникновения, которую можно перевести в значение твердости по Роквеллу или Бринеллю.



Рис.3: Клещи Уэбстера

Zwick PZ3

Отдельный переносной прибор, с помощью которого можно проводить стандартные испытания на твердость по Бринеллю с усилием до 3000 кг (29.420 Н). Испытывать можно материалы и изделия, которые невозможно испытать в лаборатории (напр., запасы на складе, готовые конструкции, машины, большие металлические элементы). Полученные результаты соответствуют результатам стационарных твердомеров.



Рис.4: Zwick PZ3

4.5 Система измерения, управления и регулирования

Эта система является одним из основных элементов испытательной машины. Ее концепция и мощность являются решающими факторами для определения типа привода, измерительной системы и выполняемых функций.

Благодаря использованию новейших технологий и высокому качеству testControl предлагает максимум технических возможностей и высокую степень надежности.

Отличительные признаки:

- Синхронная регистрация измеряемых значений с высокими разрешением и частотой
- Обработка измеренных значений в режиме реального времени с тактовой частотой в 1 кГц для контроля регулируемого событиями процесса испытания (например, переключение скорости при достижении предела текучести или пропорциональности) и пограничных значений



Рис. 1: Блок электроники testControl

Адаптивное регулирование для точной воспроизводимости скоростей и положений

- Благодаря модульному дизайну блок электроники testControl можно адаптировать к индивидуальным потребностям заказчиков. Даже если через несколько лет требования изменятся, testControl можно переоборудовать (например, добавить дополнительные каналы для усилия или деформации, а также каналы входа/выхода для внешних систем)
- Корректировка податливости конструкции испытания проводится прямо в блоке testControl с синхронизацией по времени. Для этого обеспечивается очень высокая точность позиционирования даже под нагрузкой

В базовом исполнении управление блоком электроники testControl и самой испытательной машиной осуществляется через ПК с программным обеспечением testXpert®. Систему очень просто конфигурировать и переоснащать для самых разных применений. Кроме того, необходимо отметить ее гибкость и комфортность в управлении. Опциональный вариант "Stand-Alone" (без ПК) предлагает несложное прямое управление испытательной машиной через цветной дисплей, клавиатуру и несколько интуитивно определяемых функциональных клавиш. При такой альтернативе управления через ПК можно напрямую подключить к машине принтер для вывода результатов испытаний на печать.



Рис. 2: Опциональные модули входа/выхода с коммутационным блоком для синхронизирования по времени входа и выхода внешнего сигнала

К этой системе можно подсоединить ПК, причем даже здесь можно пользоваться преимуществами программного обеспечения testXpert®. Электроника размещена в не занимающем много места компактном корпусе прямо на нагружающей раме. Она обеспечивает высокую степень готовности и надежности испытательной системы.

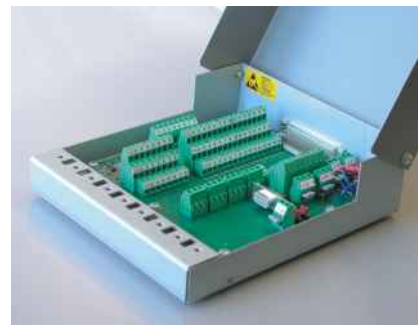


Рис. 3: Коммутационный блок для нескольких сигналов

4.6 testXpert® II интеллектуальный и надежный, новое поколение программного обеспечения для испытаний материалов

Посредством программного обеспечения testXpert® группа фирм Zwick Roell установила стандарт интеллектуального программного обеспечения для испытаний материалов. С помощью testXpert® введена единая концепция управления для всех прикладных программ как для статических, так и для динамических испытаний. Для обучения обращению с программным обеспечением требуется меньше времени, которое можно потратить на проведение испытаний. Очевидное преимущество testXpert® II состоит в более чем 80-летнем опыте в сфере испытаний материалов, а также более чем в 15.000 успешных инсталляций по всему миру.

Преимущества testXpert® II

Просто удобно – testXpert® II отличается прежде всего предельно простым и интуитивным управлением. Выразительные символы и понятная структура меню позволяют быстро ориентироваться и существенно уменьшают время освоения. Панель меню адаптирована к фактическим потребностям пользователя, что упрощает работу с testXpert® II.

Интеллектуальность – надежная программа ассистента даже при выполнении сложных операций быстро приведет к цели (напр., при составлении модификации программ и протоколов испытаний). При наличии вопросов обширная система Online-помощи быстро предложит подходящий ответ.



Модульная структура – для каждого нормативного испытания можно составить подходящую программу; соответствующее решение для индивидуальных потребностей. Для многих требований уже существуют готовые решения. По желанию можно в любой момент вставить дополнительный модуль.

Совместимость с вашим оборудованием – программное обеспечение

Zwick testXpert® II совместимо со всеми стандартными ПК и ноутбуками – дополнительные платы в ПК не нужны! Это облегчает замену системных компьютеров и позволяет составлять собственные программы испытаний или с комфортом проводить анализ в офисе: доступ к данным испытаний возможен в любое время.

Выбор языка Online – удобно для использования по всему миру. Заменить язык можно, просто кликнув мышкой. Независимо от того, на каком языке проводилось испытание, протокол можно автоматически распечатать и отправить по электронной почте на другом языке. Функция переключения языка означает для международных коллективов возможность независимого от языка управления испытательной машиной и значительно упрощает процесс коммуникации.



Типовая отраслевая терминология и экспорт данных

testXpert® II может больше, чем просто использовать различные языки: это способное к преобразованию программное обеспечение также использует индивидуальную техническую терминологию пользователя. Так, в программном обеспечении каждой отрасли (напр., металлы, пластмассы, резины) реализуются типичные символы или переменные. Благодаря этому для индивидуальных применений доступно больше важной информации.

Повышенные запросы современной системы контроля качества требуют доступности результатов испытаний в центральных структурах данных предприятия. С помощью мощных и гибких интерфейсов testXpert® II создается надежная коммуникация с любой IT-системой. Все результаты испытаний можно напрямую подвергать дальнейшей обработке, распечатывать, экспортировать и архивировать. Интеграцию приложения MS-Office обеспечивает технология Object Linking Editing (OLE).

Регулирование деформации

Новая редакция стандарта ISO 6892-1 (2009) уже используется в testXpert® II. Прежде всего, это касается регулирования по деформации, которое впервые было нормативно регламентировано в этом международном стандарте. Диапазоны скоростей испытания с узкими допусками должны увеличивать воспроизводимость полученных характеристик, прежде всего, верхнего и условного предела текучести. Кроме того, оптимизированы параметры испытания, что очень важно для высокопроизводительных автоматизированных систем.

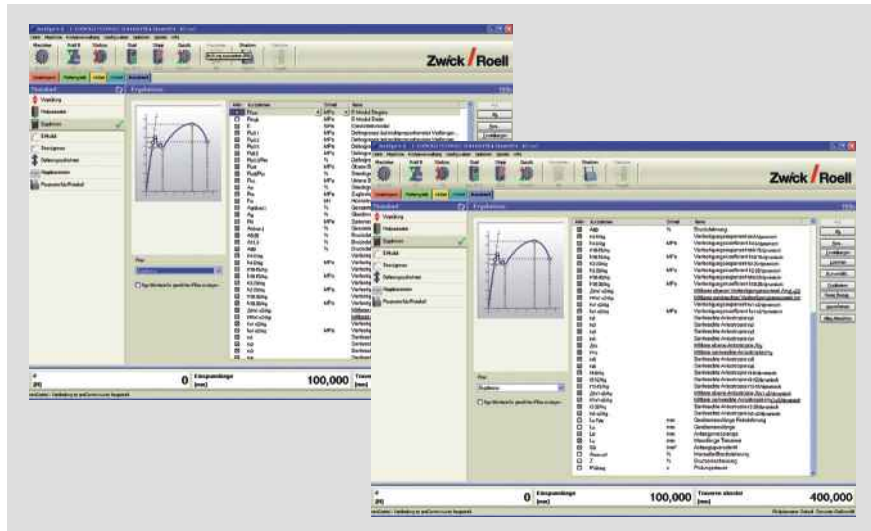


Рис.1: Выбор из заданных результатов испытания (испытание на растяжение)

Простое проведение испытаний с testXpert® II

Выбор стандарта испытания

testXpert® II предоставляет для каждого испытания соответствующий стандарт. Надо просто выбрать желаемую программу испытаний; все параметры предварительно настроены, и в то же время их можно корректировать. Для нестандартных испытаний testXpert® II предлагает многообразие испытательных программ для полностью свободного программирования хода испытания.

Испытание

Отдельные данные в процессе испытания отображаются на экране в режиме online. Испытание можно отслеживать в этом режиме. Кроме того, по желанию можно проводить точную синхронизированную видеосъемку.

Результаты рассчитываются уже в течение испытания, так что процессом испытания могут управлять события (напр., изменение скорости после определения E-модуля или предела текучести). Только так можно проводить испытания быстро и согласно нормативам.

Анализ результатов

В testXpert® II можно создавать любое количество различных макетов экрана по индивидуальным требованиям (напр., с дополнительными графиками, различными типами изображения кривых, таблицами и дополнительными статистиками). Одним нажатием на клавишу мышки можно переключаться с одного макета на другой и таким образом изменять отображение результатов испытаний.

Валидация программного обеспечения

В пределах функции импорта/экспорта данных можно вводить эталонные блоки данных, которые будут привлекаться для проверки алгоритмов программного обеспечения. На европейском уровне в рамках проекта TENSTAND такие эталонные блоки данных для испытаний на растяжение уже созданы в регламентированном формате, соответствующие результаты также согласованы на международном уровне. С помощью этих данных можно в любой момент быстро и надежно проводить проверку программного обеспечения testXpert® и параметров для расчета результатов.

Определение значений r и n

Значения r и n представляют собой важные параметры свойств деформируемости листового проката. При прокатке листов металла эти значения используются для управления процессом и обеспечения неизменного качества продукции. В рамках испытания металлов на растяжение ПО фирмы Zwick testXpert® II поддерживает определение значений r и n согласно стандартам ISO 10113 и ISO 10275, учитывая завершённый в 2007 году пересмотр обоих стандартов.

Предпосылкой для определения значения r (вертикальная анизотропия) стандартных плоских образцов для испытаний на растяжение является одновременное использование датчиков продольной и поперечной деформации, отвечающих требованиям стандарта. Значение n (экспонента упрочнения) определяется на основе диаграммы "Напряжение/деформация".

Если предпосылки выполнены, то оба этих результата можно выбрать в меню результатов, вывести на дисплей и вставить в список результатов для протокола.

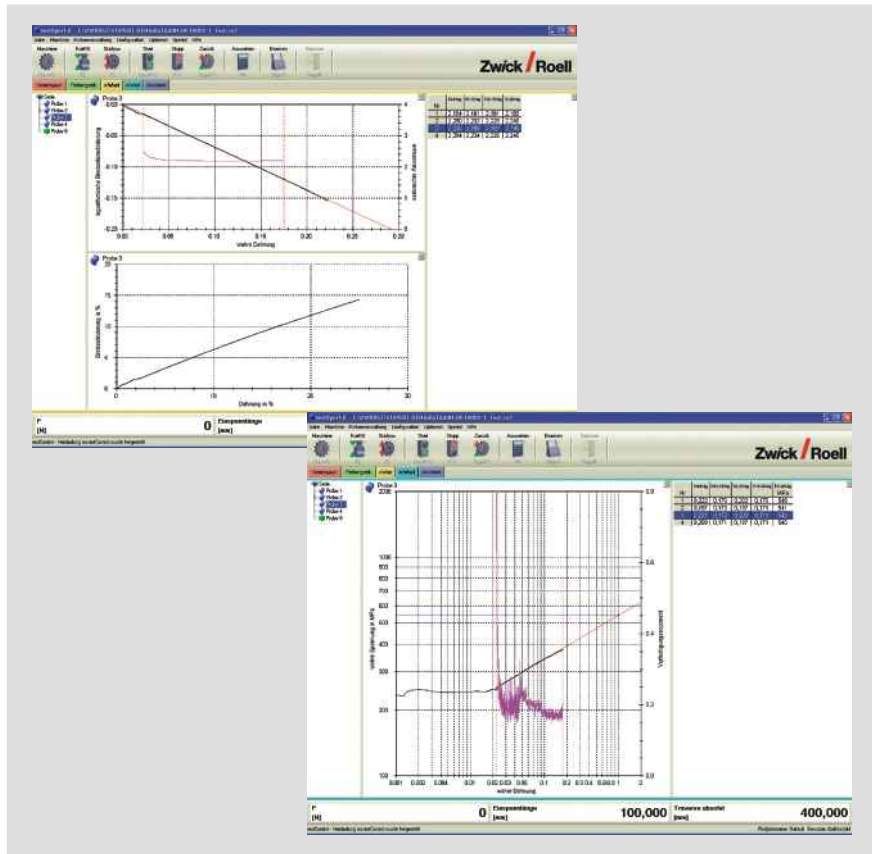


Рис.1: Определение значений r и n

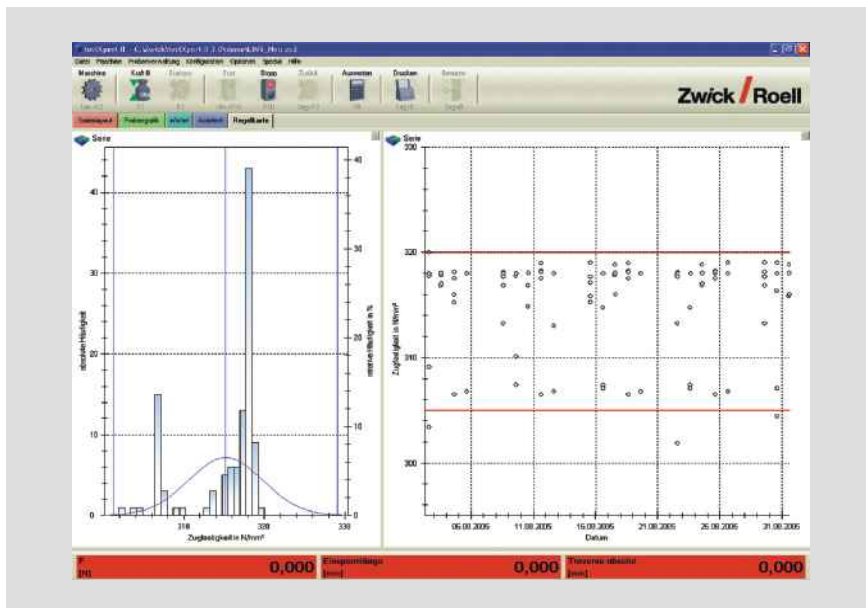


Рис. 2: Длительное испытание на прочность при растяжении в течение нескольких дней

testXpert® II LIMS

Только testXpert® II предлагает такую функцию: интегрированная система управления лабораторной информацией (LIMS). Программное обеспечение предоставляет в распоряжение гибкую базу данных для администрирования результатов испытаний. Теперь можно создавать долгосрочную статистику и архивировать протоколы. Все зарегистрированные программным обеспечением testXpert® II данные доступны для каждой испытательной системы вашей фирмы.

4.7 Датчики силы

Датчики силы доступны для точных измерений, начиная с 0,02 Н. Вместе с блоком цифровой электроники testControl они предлагают следующие преимущества:

- Точность измерения: класс 1 (1% от измеренного значения): от 0,2 до 100% номинального усилия; класс 0,5 (0,5% от измеренного значения): от 1 до 100% номинального усилия
- Нечувствительность к влиянию внешних помех (моменты изгиба,...)
- Высокая устойчивость к разрушению вследствие воздействия изгибных и скручивающих моментов
- Температурная компенсация нулевой точки и показателя по всему диапазону измерения вплоть до перегрузки
- Очень высокие эффективные разрешение и частота измерений в комбинации с электроникой testControl
- Универсальная защита от перегрузок посредством ПО testXpert® II, для датчиков с малым номинальным усилием возможна дополнительная механическая защита

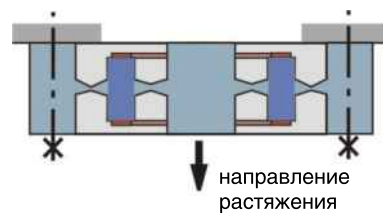
- Автоматическая идентификация и регистрация всех регулировочных и калибровочных параметров в соединительном штекере датчика. Замена датчиков силы не требует ни изменения регулировочных данных, ни калибровки
- Автоматическая компенсация нулевой точки и чувствительности
- Доступны датчики силы для испытаний в двух рабочих зонах, для номинальных нагрузок от 10 кН (вариант с двусторонним соединительным пальцем)

Модели и рекомендации к применению

В зависимости от задачи испытания наряду с точностью измерения датчиков силы также важны другие требования. При использовании опциональных термокамер (а также в производственных зонах с высокими перепадами температуры) к этим требованиям относится температурная компенсация нулевой точки (Тк0) и показателя (ТкС). При испытаниях на растяжение и сжатие возможно возникновение боковых усилий

и моментов, влияние которых на измерительный сигнал датчика должно быть крайне малым. Фирма Zwick предлагает два типа датчиков силы на основе следующих "принципов измерения":

- Датчик в виде изгибающей кольцевой пружины. Корпус этого осесимметричного датчика силы представляет собой изгибающую кольцевую пружину с кольцеобразными тензометрическими измерительными спиралью. Отличительный признак: высокая нечувствительность к внешним влияниям и перегрузкам



- Модель "Комбинация изгибных балок". Измерительный корпус состоит из расположенных наподобие спиц изгибных балок. Отличительный признак: высокая нечувствительность к внешним влияниям и перегрузкам

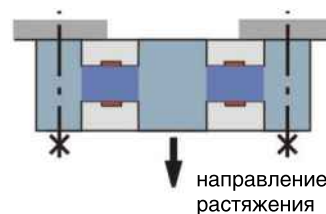


Рис.1: Датчик силы Xforce модели "комбинация изгибных балок"

4.8 Захваты

Захваты для испытаний на растяжение, длительную прочность и циклических испытаний

Фирма Zwick предлагает широкий спектр захватов различных конструкций и с различными диапазонами усилия и температуры для обширной области испытаний металлов. Специфическая область применения того или иного захвата особенно зависит от его функционального принципа и максимально допустимого усилия испытания. При испытаниях в температурной или климатической камере важен также температурный диапазон, в котором можно использовать захват.

Передача усилия между образцом и захватами

Функциональный принцип определяет вид передачи усилия между образцом и захватами, согласно которому большинство захватов получают свое название.

К большинству образцов усилие испытания можно передать только механически, т.е. на основе силы трения. При этом сила трения между концами образцов и зажимными губками захватов всегда должна превышать усилие испытания. Необходимые для этого и действующие вертикально усилию испытания зажимные усилия имеют внешнее происхождение (напр., посредством пневматического давления) или производятся механически из усилия испытания (напр., по принципу клина).

Чтобы избежать разрушения образцов в области зажима, особенно если речь идет о чувствительных к зажатию образцах (проволока и полоски пленки), усилие испытания несколько снижается еще перед зажимом благодаря трению на дуге обхвата.

Для этого концы образца проводятся через эксцентрики (круговые сегменты или ролики) и затем зажимаются.

Зажимное усилие

На захватах с внешним созданием зажимного усилия это настроенное усилие действует в течение всего испытания. Если образец толстый или мягкий, то под воздействием усилия испытания он может выскользнуть из зоны зажима. Несмотря на это, зажимное усилие в гидравлических и пневматических захватах остается постоянным, т.к. в генератор давления постоянно поступает масло или воздух. В винтовых захватах усилие зажима несколько снижается в соответствии с параметрами жесткости и эластичной упругости захвата. Из-за большого зажимного усилия этих захватов образец «вытесняется» из зоны зажима уже при закрытии захвата. Образец нагружается (сминается) и может быть поврежден еще до начала испытания. Такой же эффект может произойти при самозажимных (клиновых) захватах, т.к. зажимные губки при закрытии перемещаются в направлении центра образца. Этого эффекта можно избежать

благодаря соответствующей настройке привода машины для испытаний («Обнуление силы»).

При самозажимных захватах небольшое вначале усилие зажима возрастает в зависимости от соответствующего усилия испытания и функционального принципа (клин, цапга и т.д.)

Зажимные поверхности

Сила трения зависит не только от величины зажимного усилия, но и от коэффициентов трения соприкасающихся поверхностей. Поэтому для многих захватов существуют сменные губки с различными вариантами зажимных поверхностей (форма, структура, материал и т.д.)

Перемещение зажима и ширина открытия

Захваты с внешним созданием зажимного усилия обладают большим перемещением зажима и, как следствие, большой шириной открытия. Благодаря этому даже при испытаниях толстых образцов остается обширное свободное пространство для удобной установки образцов.

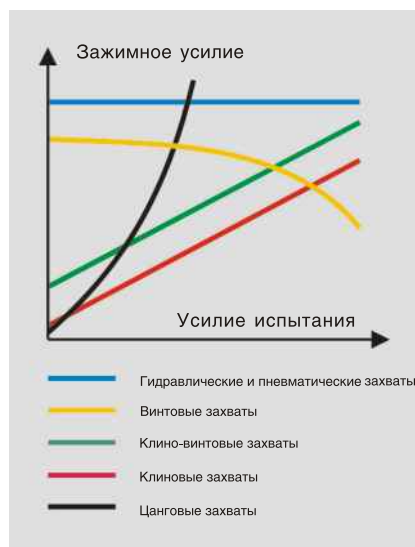


Рис.1: Зависимость зажимного усилия от усилия испытания для различных типов захватов

Захваты



Рис.1: Захваты для болтов, образцов с запечками и резьбовыми головками



Рис.3: Пневматические захваты



Рис.5: Клиновые/клино-винтовые захваты

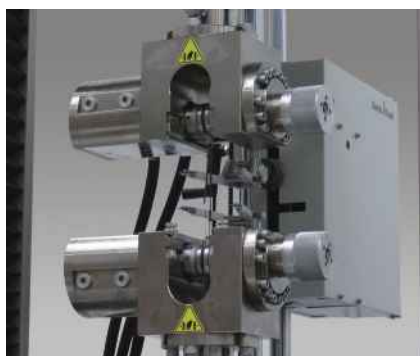


Рис.2: Гидравлические захваты



Рис.4: Клиновые захваты



Рис.6: Высокотемпературные захваты

Свойства/признаки	Гидравлические	Пневматические	Пружинные	Клиновые	Винтовые	Клино-винтовые	Высокотемпературные	Гидравлические/ клиновые	Для болтов, образцов с запечками и резьбовыми головками	Цанговые
• Типоразмеры (макс. усилие испыт.)										
наименьш. исполнение [кН]	10	0,02	0,02	2,5	0,02	0,5	0,5	25	10	0,5
наибольш. исполнение [кН]	2000	100	0,05	600	50	250	30	250	600	10
• Температурный диапазон										
нижнее гранич. знач. [°C]	-70	-70	-15	-70	-70	-40	+20	-70	-70	-40
верхнее гранич. знач. [°C]	+250	+250	+80	+250	+250	+250	+1200	+250	+250	+250
Фольга	—	3	—	—	3	3	—	—	—	3
Листы, тонкий прокат	✓	3	—	3	3	3	—	3	—	3
Проволока, в т.ч. тонкая	✓	3	3	3	3	3	—	3	—	—
Полосы	✓	3	—	3	3	3	—	3	—	—
Трубы	✓	3	—	3	3	3	—	3	—	—
Образцы с запечками	✓	3	—	3	3	3	3	3	3	—
Плоские образцы	✓	3	—	3	3	3	3	3	—	3
Цилиндрические образцы	✓	✓	—	3	3	3	3	3	3	—
Профили	✓	—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.9 Датчики деформации

При испытаниях на растяжение, как правило, измеряется удлинение образца в зависимости от усилия испытания, в особых случаях дополнительно определяется также поперечная деформация. При испытаниях на изгиб соответствующей измеряемой величиной является прогиб, в зависимости от различных форм и размеров образцов и свойств материалов для них (твердость, жесткость, деформируемость), а также от определяемых характеристик материала, точности измерений и т.д. используются различные датчики деформации.

Требования к датчикам продольной деформации

Требования к датчикам продольной деформации зависят, в первую очередь, от физических свойств испытываемого материала. Затем решающее значение для правильного выбора датчика продольной деформации имеют форма и размеры образцов, а также программы и результаты испытаний (нормативное испытание). Также необходимо учитывать такие критерии, как условия окружающей среды (температура, освещение, вибрации) и затраты. С другой стороны, анализируются измерительные и функционально-технические характеристики датчиков. Благодаря широкому ассортименту фирма Zwick может предложить оптимальный датчик продольной деформации для любой сферы применения.

На схеме представлен обзор критериев выбора оптимального датчика продольной деформации.

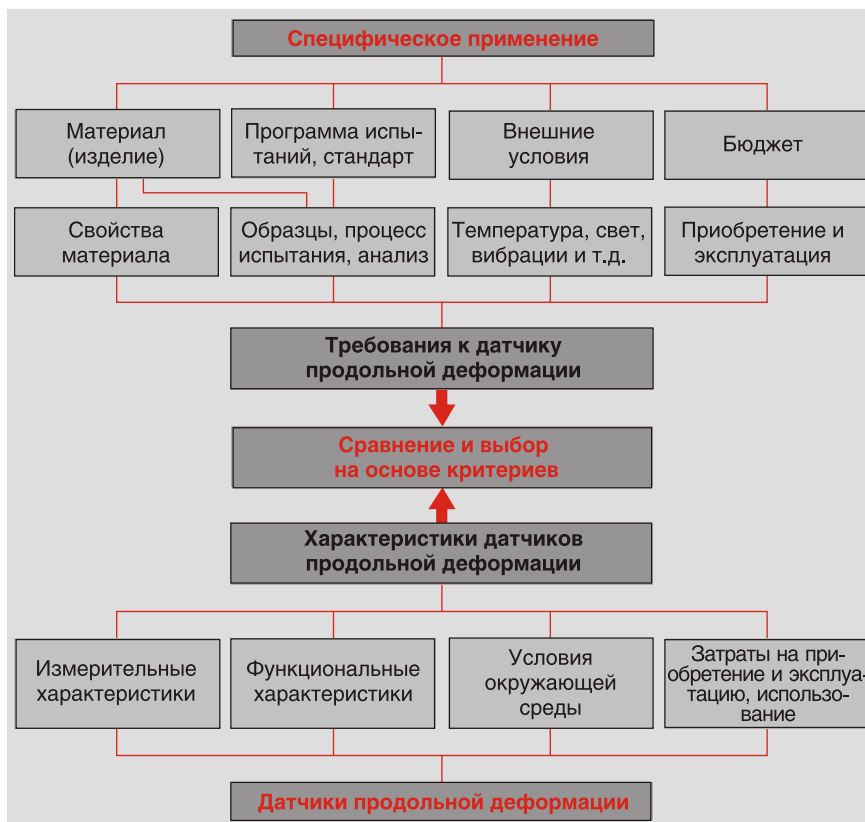


Рис.1: Процесс выбора датчиков продольной деформации

Датчик перемещения траверсы

В каждой испытательной машине согласно серии предусмотрен цифровой датчик перемещения траверсы. Его измерительный сигнал используется, в основном, как истинное значение для регулировки положения и скорости привода. Однако он также служит для непрямого измерения продольной деформации.

Аналоговый навесной датчик (Clip-on, ручной)

Эти датчики, устанавливаемые на образцы вручную или автоматически (опция), обладают особенно высоким разрешением, но относительно небольшим путем измерения. Поэтому они применяются преимущественно для высокоточного определения начальных прямых при испытаниях на растяжение (ISO 6892, EN 10002, ASTM E8). Для определения

Е-модуля в ходе испытания на растяжение настоятельно рекомендуется двустороннее измерение посредством датчика продольной деформации.



Рис.2: Датчик Clip-on

Инкрементальные контактные датчики (Clip-on, ручные)

Эти устанавливаемые на образец вручную датчики обладают высоким разрешением и относительно большим путем измерения. Поэтому их можно использовать, например, для точного определения начала наклонной и условного предела текучести согласно ISO 6892, EN 10002, ASTM E 8. При образцах с малой деформацией можно, кроме условного предела текучести, также определять деформацию при максимальном напряжении и при разрушении.



Рис.1: Инкрементальный датчик

Двухосный инкрементальный контактный датчик (Clip-on, ручной)

Устанавливаемый вручную датчик продольной и поперечной деформации с большим диапазоном измерения и высоким разрешением для определения значений ϵ и ν по стандарту. Отвечает классу 0,5 по EN ISO 9513.



Рис.2: Датчик поперечной деформации

Длинноходовой датчик продольной деформации

Он применяется для измерения большой деформации тонкой высокоэластичной проволоки. Усилие сцепления для таких применений особенно мало (меньше или равно 0,2 Н). Система отличается высокой прочностью (для случаев наматывания проволоки на щупы после обрыва).

- высокие разрешение и точность измерения
- малое усилие сцепления
- прочная конструкция



Рис.3: Длинноходовой датчик продольной деформации

Оптический датчик продольной деформации

Бесконтактный цифровой датчик продольной деформации для испытаний проволоки и многожильных тросов на растяжение. Его можно также использовать в термокамерах, причем измерение проводится через обогреваемое стекло.

- отсутствие усилия сцепления
- надежная эксплуатация благодаря системе распознавания образцового сигнала
- простота в обращении



Рис.4: Оптический датчик продольной деформации

Датчик продольной деформации Makro

В области испытаний металлов датчик Makro можно сравнить с тягловой лошадей. Этот датчик подходит для испытаний всех металлов на растяжение, сжатие, изгиб и даже циклических испытаний. Преимущественно он используется при испытаниях стандартных плоских образцов, а также тонких полос и фольги толщиной от 0,18 мм на растяжение.

- очень прочная конструкция
- измерение до разрушения даже при испытаниях толстой стали
- очень высокие разрешение и точность измерения
- простая интеграция в автоматические системы



Рис.1: Датчик продольной деформации Makro

Датчик поперечной деформации

Для определения значения γ датчик Makro можно дополнить опцией измерения поперечной деформации. Опционально возможны 1, 2 или 4 линии измерения

- разрешение вплоть до 0,01 мкм.



Рис.2: Датчик поперечной деформации

Датчик multiXtens

Полностью автоматическая многофункциональная система измерения продольной деформации с высоким разрешением для испытаний на растяжение, сжатие, изгиб и длительную прочность, а также циклических испытаний материалов с низкой и высокой степенью деформации.

Преимущества:

- автоматическая настройка L_0
- автоматический подвод и отвод щупов
- автоматическое центрирование между захватами
- очень малое усилие сцепления
- измерение деформации до разрушения образца без отвода щупов
- защита от контакта с траверсой
- сменные рычаги щупов для испытаний на растяжение, сжатие и изгиб
- автоматическое распознавание щупов
- измерения в термокамерах
- дооснащение для измерения поперечной деформации



Рис.3: Датчик multiXtens комбинирует измерение малого растяжения и длинноходовое измерение

Датчик optiXtens

Полностью автоматический оптический датчик продольной деформации с высоким разрешением, функционирующий по принципу лазерных спеклов. Он используется для испытаний материалов с низкой и высокой степенью деформации на растяжение и сжатие как при комнатной температуре, так и в термокамере.

Преимущества:

- оптическая система, которая может работать без меток
- простота в управлении
- отсутствие усилия сцепления
- надежное измерение деформации вплоть до разрушения образца
- особенно подходит для проведения измерений в термокамерах

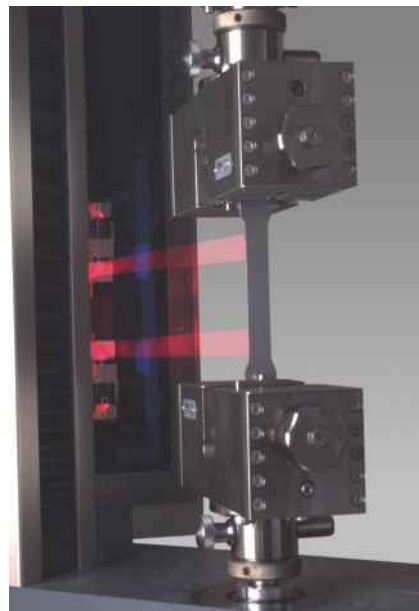


Рис.4: Датчик optiXtens

Датчик videoXtens

Бесконтактный датчик продольной деформации с высоким разрешением для испытаний любых форм изделий из металла (в особенности стандартных образцов) на растяжение и сжатие. Благодаря легко заменяемым объективам разрешение и диапазон измерения можно адаптировать к соответствующим условиям испытаний. В качестве опции возможно одновременное измерение поперечной деформации образца.

Преимущества:

- возможность гибкой адаптации к материалам и условиям испытаний
- параллельное измерение поперечной деформации (опция)
- надежное и точное измерение продольной деформации вплоть до разрушения образца
- автоматическое распознавание расчетной длины
- подходит для проведения измерений в термокамерах (через обогреваемое стекло)



Рис.1: Посредством выбора поля зрения датчик videoXtens адаптируется к соответствующей задаче испытания

Преимущества:

- нет необходимости в нанесении меток
- высокое разрешение
- автоматическая настройка L_0
- испытания в термокамерах
- параллельное двухосное измерение деформации
- опционально с измерением поперечной деформации посредством интегрированного датчика videoXtens
- испытания образцов малой геометрии с одновременно высоким разрешением

Датчик laserXtens

Датчик laserXtens бесконтактно измеряет деформацию самых разных материалов. Принцип измерения позволяет обходиться без нанесения меток.

Датчик laserXtens используется для испытаний металлов и изделий на растяжение и сжатие.



Рис.2: Датчик laserXtens

Обзор датчиков продольной деформации (автоматических)

	Длинноход. датчик продольной деформации	Оптический	Макро	multiXtens	optiXtens	videoXtens ¹⁾	laserXtens
Система	инкремент.	инкремент.	инкремент.	инкремент. ²⁾	Лазер. спеклы	Анализ изображ.	Лазер. спеклы
Диап. измер. [мм]	1000 – L_0	1000 – L_0	мин. 75 макс. 160	700 – L_0	500 – L_0 700 – L_0	50...200 (поле зрен.)	40
Разрешение [мкм]	5	5	0,12...0,6	0,02...0,04	0,1	1	0,15
Точность (ISO 9513)	Кл. 1 от 1 мм 1% или 0,01 мм ³⁾	Кл. 1 от 3 мм 1% или 0,03 мм ³⁾	Класс 0,5/14)	Класс 0,5/1 ⁴⁾	Класс 0,5	Класс 1	Класс 1
Расчет. длина [мм]	10...1000	10...900	5... 100/205/300	≥ 5	≥ 10	≥ 5	1,5–220
Усил. сцеплен. [Н]	$\leq 0,20$	–	$\leq 0,050$	$\leq 0,015$	–	–	–
Автом. щупы	✓	–	опция	✓	–	–	–
Автом. наст. L_0	–	✓	✓	опция	✓	✓	✓

¹⁾ данные для объектива 25 мм,

²⁾ два диапазона измер.,

³⁾ действительно соответствующее наивысшее значение,

⁴⁾ в зависимости от длины измерительных щупов

4.10 Испытания при высоких температурах

Применение

Конструкция испытательных машин позволяет на практике интегрировать высокотемпературную установку непосредственно в саму машину. Вследствие этого испытания на растяжение можно проводить как при комнатной, так и при повышенной температуре.

При обычном испытании такие компоненты, как высокотемпературная печь, высокотемпературный экстензометр и захваты, просто выводятся из зоны испытания. При использовании раскрывающейся печи можно оставлять захваты на машине. После охлаждения захватов их можно извлечь с помощью системы быстрой замены.

Высокотемпературная печь состоит из трех главных компонентов:

- Высокотемпературная печь с откидным приспособлением
- Высокотемпературный экстензометр, также оснащенный приспособлением, обеспечивающим простой вывод из зоны испытаний
- Система захватов, состоящая из соединительных элементов системы быстрой замены, удлинительных штанг, через которые усилие передается к образцу, и захватов, расположенных на концах штанг



Рис.3: Блок регулирования температуры

Самыми распространенными на практике являются резьбовые образцы, согласно, например, DIN 50125. Из тонких листов металла изготавливаются плоские образцы, которые вставляются в захваты с геометрическим замыканием. Для диапазона температуры до 1200°C предполагаются стандартные захваты из различных материалов. Для испытаний на сжатие и изгиб при температуре до 1600°C также предлагаются стандартные системы.

Из-за объема печи, регламентированного стандартном допусков температуры и времени выдержки, а также времени нагрева и охлаждения, испытания могут занимать достаточно много времени. Для уменьшения времени испытаний в стандартной программе предлагаются системы с несколькими печами.



Рис.1: Машина для испытаний с высокотемпературной печью



Рис. 2: Система быстрой замены



Рис.4: Захваты с геометрическим замыканием для плоских образцов

4.11 Испытание на длительную прочность

Экономия энергии и уменьшение вредных выбросов - ключевые слова, звучащие буквально повсеместно. В особенности это касается турбинной техники для электростанций (например, моторы для газовых и паровых турбин), а также турбинных лопаток для самолетов. Условием повышения эффективности является увеличение рабочего давления и температуры. Поэтому разработка новых термостойких материалов имеет в настоящее время огромную важность. При этом испытание на длительную прочность представляет собой один из важнейших экспериментов для определения свойств материалов при высоких температурах (по стандартам ASTM E 139 и ISO 204).

Для определения параметров и эксплуатации изделий при высоких температурах необходима гарантия долговременного сохранения характеристик материала, причем испытания проводят в течение двух основных временных периодов:

Для кратковременных испытаний на длительную прочность (время нагружения до 1000 ч) часто используются машины с одно- или двухшпиндельным приводом. Такой тип привода, наряду с испы-

таниями на длительную прочность (постоянная нагрузка и температура), также позволяет проводить испытания на релаксацию (постоянная деформация и температура). Для долговременных испытаний (> 2500 ч) часто применяются машины с противовесом – обычно с рычажной передачей.

Важным параметром при испытании на длительную прочность является точное и постоянное механическое и термическое нагружение образца. В качестве результатов определяют время нагружения до разрушения, предел усталости при удлинении и высокотемпературную деформацию (например, удлинение ползучести).

Для нормативного выполнения условий сложных задач предлагается широкий спектр решений:

Механический нагружающий модуль, состоящий из нагружающей рамы, привода и системы рычагов:

- нагружающая рама с одно- или двухшпиндельным приводом и направляющими для прецизионного осевого нагружения
- нагружающая рама с рычажной передачей и калиброванными мертвыми грузами
- нагружающая рама с рычажной передачей и приводом, регулируемым датчиком силы
- рычаги с оптимальными характеристиками соосности согласно ASTM E 1012



Рис.1: Машина для испытаний на длительную прочность с двухшпиндельным приводом

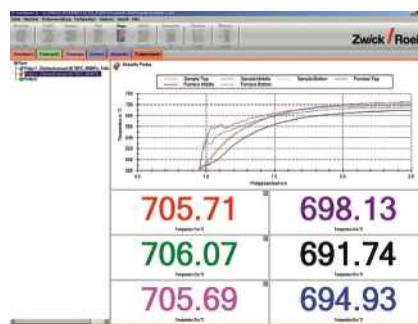


Рис.2: TestXpert® II: непрерывно растущая до заданного значения температура образца и активное/автоматическое регулирование зон нагрева

Электроника

- Система измерения усилия и перемещения с высоким разрешением для оптимального регулирования (особенно при очень низких скоростях испытаний)

Высокотемпературный модуль

- ВТ-печь с шестью термоэлементами для оптимального регулирования температуры
- Вертикальное позиционирование печи в зависимости от деформации образца
- Встроенный универсальный, самоадаптируемый ВТ-регулятор, гарантирующий строгое соблюдение пограничных значений (например, согласно ASTM E 139: +/- 2 K) в отношении пространственного и временного постоянства температуры на образце без отклонений. В эмпирическом определении заданных значений для каждой зоны нагрева, в зависимости от геометрии образца и печи, нет необходимости. Достаточно лишь регламентировать в testXpert® общее заданное значение температуры.

Программное обеспечение testXpert® II

- свободный выбор приложения нагрузки с регулированием по деформации и по силе
- возможно проведение испытаний на ползучесть и релаксацию
- простота в управлении при проведении испытаний и анализе результатов
- встроенная система активации ВТ-регулятора
- оптимизированная для испытаний на длительную прочность концепция регистрации и сохранения данных



Рис.3: Открытая печь с термоэлементами

4.12 Роботизированные испытательные системы

Применение

Роботизированные системы используются для эффективного проведения больших серий испытаний однотипных образцов. Существуют следующие специфические варианты исполнения таких систем:

- roboTest A
- roboTest C
- roboTest F
- roboTest L
- roboTest R
- roboTest P
- roboTest I

Общие признаки

- Модульная система позволяет осуществлять гибкое комбинирование отдельных компонентов
- Единая система управления роботизированной испытательной системой посредством программного обеспечения autoEdition2 с активацией через высокоскоростную шину
- Автаркическая система в соответствующем CE исполнении
- Обмен данными с любой испытательной машиной фирмы Zwick через последовательный интерфейс
- Применение стандартных промышленных компьютеров

Преимущества для пользователя

- Не требуется постоянное присутствие оператора (необходимо только заполнить магазин образцами)
- Высокая воспроизводимость условий и результатов испытаний
- Гарантированное документирование и долговременный статистический контроль
- Возможность проведения испытаний вручную

- Возможность дооснащения и простая адаптация к специфическим требованиям благодаря модульной структуре

Конструкция и функционирование

Система roboTest A

Система roboTest A крепится на нагружающей раме, она предназначена для испытаний металлических образцов весом до 500 г на растяжение.

Магазин рассчитан на 20 образцов, все исполнительные элементы робота приводятся в действие пневматически.

Система roboTest C

Система roboTest C подходит для испытаний обладающих стабильной формой плоских образцов весом от 0,5 до 5 кг на растяжение. Ее можно устанавливать на испытательные машины, рассчитанные на усилия от 300 кН до 600 кН.

Магазин обычно рассчитан на 20 – 40 образцов, устанавливаемых на приемные держатели магазина.

Система roboTest F

Система roboTest F используется для испытаний даже нестабильных образцов на растяжение. Она состоит из подвижной опорной рамы с двумя расположенными друг над другом и замкнутыми в форме овала цепями с пружинными зажимами или магнитами для вертикальной установки образцов.

Возможно применение различных держателей для самых разных образцов, а также их комбинирование.

В зависимости от исполнения держателя и типа образца возможен возврат разрушенного образца на свое место в магазине.



Рис.1: Система roboTest F



Рис.2: Система roboTest L

Система roboTest L

Система roboTest L позволяет проводить испытания на растяжение, сжатие и изгиб. Она состоит из подвижной опорной рамы с модулями электроники, линейной оси подачи, цапгового захвата и – опционально – подвижного магазинного стола. Управление общей системой осуществляет программируемый контроллер (SPS). Возможно автоматическое измерение поперечного сечения образцов в 3 точках.

Система roboTest R

Система roboTest R используется для испытаний на растяжение. Она состоит из промышленного робота (5 или 6 степеней свободы) с пневматическим манипулятором. Благодаря модульной конструкции в систему можно интегрировать сканер штрих-кода, прибор для измерения поперечного сечения, а также приборы для измерения твердости, шероховатости и т.д.

Система roboTest P

Система roboTest P используется для испытаний на растяжение, а также измерения твердости, шероховатости и толщины слоев. Благодаря большим размерам система подходит для объединения нескольких испытательных машин. Она состоит из 3 осей и поворотного захватного модуля. Управление осуществляется программируемым контроллером. В целях безопасности необходимо защитное ограждение для всей системы, которое также можно заказать.

Система roboTest I

Система roboTest I в сочетании с маятниковым копром применяется для ударных испытаний образцов по Шарпи при положительной или отрицательной температуре согласно EN 10 045 или ASTM E23. Размеры образцов (длина x ширина x толщина) стандартные: 55 x 10 x 5...10 мм, температурный диапазон: –180 ... +300 °С. Охлаждение образцов осуществляется посредством азота, нагрев – электрически.

Сбор, передача и обработка данных

При всех роботизированных системах данные образцов и результаты испытаний можно выводить на печать и сохранять или через интерфейс (например, локального сервера) передавать в вышестоящую вычислительную систему для составления протоколов и производственного контроля. Также возможен экспорт данных в программы MS-Office (например, посредством банков данных ODBC).



Рис.1: Система roboTest R

Автоматизированное определение твердости

Применение

Для автоматизированных испытаний на твердость твердомер для определения твердости по Роквеллу HR15T, HR30T, HR45T, HRF, HRB и HRG соединяется с роботизированной системой roboTest L, roboTest P или roboTest R.



Рис.1: Автоматизированное испытание на твердость с двумя твердомерами



Рис.2: Автоматизированное испытание на растяжение с интегрированным определением твердости

Обзор испытательных систем



roboTest	A	C	F	I	L	P	R
• Емкость магазина (при стандартной толщине)	20	24/40	50...200	10/100	160	100...400	ок. 400
• Свойства образцов							
цилиндрические	✓	✓	✓		✓	✓	✓
плоские	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
нестабильная форма	–	–	✓	–	✓	–	–
Макс. вес	300 г	5 кг	500 г	–	1 кг	10 кг	30 кг
• Размеры образцов [мм]							
ширина заплеч./полосы	6...25	макс. 60	10...50	10	6...30	макс. 50	макс. 50
толщина (стандарт)	макс. 20	макс. 30	макс. 5	5...10	макс. 15	макс. 60	макс. 60
общая длина	макс. 300	макс. 450	макс. 350	55	макс. 260	макс. 500	макс. 500
• Опции							
Измер. попер. сеч.	вручную	вручную	вручную	–	✓	✓	✓
Удаление образцов	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Счит. штрих-кода	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Шероховатость	–	–	–	–	✓	✓	✓
Твердость	–	–	–	–	✓	✓	✓
Толщина слоя	–	–	–	–	✓	✓	✓

4.13 Изготовление образцов

Вырубной пресс

для оптимального изготовления образцов из листового металла для испытаний на растяжение. Благодаря небольшой скорости вырубki и форме вырубного инструмента наклеп образуемой кромки составляет максимум 10%. Небольшой припуск вырубki – и, соответственно, наклеп – удаляются на станке для шлифовки образцов

Усилия вырубki P в кН

$$P = \frac{L_s \times \alpha \times \sigma_B \times 0,64}{1000}$$

если $P \geq 650$ кН, тогда:

$$P = \frac{L_s \times \alpha \times \sigma_B \times 0,8}{1000}$$

L_s = общая длина вырубki в мм

σ_B = прочность при растяжении в МПа

α = толщина образца в мм

Станок для шлифовки образцов Zwick 7120

для доводки формы и размеров вырубленных образцов, обеспечивающих точный размер шлифовки параллельной длины образца благодаря возможности регулирования высоты шлифовального узла (макс. потребляемая мощность 0,75 кВА)



Рис. 1: Вырубной пресс Zwick RZ 150

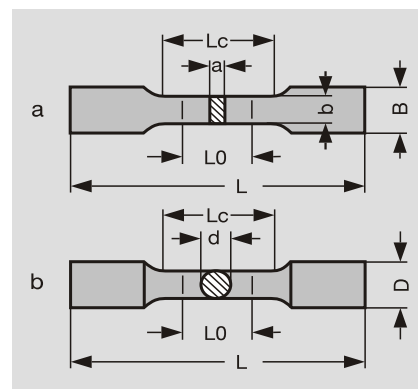


Рис. 2: Образцы для испытаний на растяжение

Вырубные прессы на усилии от 500 до 1500 кН

Модель	RZ50	RZ65	RZ100	RZ150
Конструкция	C-рама	O-рама	O-рама	O-рама
Усилие вырубki [кН]	500	650	1000	1500
Производительность [шт/мин]	8	8	6	6
Толщина образцов [мм]	0,2 - 6	0,2 - 6	0,2 - 6	0,2 - 8
Макс. потреб. мощ-ть [кВА]	4	4	8	8

Стандартные плоские образцы для испытаний на растяжение

Стандарт	Размеры [мм]						
	a	b	L_0	B	L_c	L	Δb
DIN EN 10002, Тип1		12,5	50	0	75	165	0,003
DIN EN 10002, Тип2		20	80	30	120	≥ 250	0,052
DIN 50114	≤ 3	20	80	30	120	≥ 250	
DIN 50125	3	8	30	12	38	≥ 115	
	5	16	50	22	65	≥ 175	
	6	20	60	27	80	≥ 210	
	8	25	80	33	105	≥ 260	
	JIS Z 2201 (13A)	20	80	30	120		
	JIS Z 2201 (13B)	12,5	50	20	60		
JIS Z 2201/ 5)	25	50	30	60			
JIS Z 2201/1B)	25	200	30	220			
JIS Z 2201/1A)	40	200		220			
ASTM E 8	12,5	50	20	60	≥ 200	0,05	
	40	200	50	225	≥ 450	0,1	

Стандартные плоские образцы (чертеж справа)

Стандарт	Размеры [мм]				
	d	L_0	D	L_c	L
DIN EN 10002 (прил. C)	≤ 4	100/200		$L_0 + 50$	
DIN 50125, форма A	10	50	12	≥ 60	≥ 140
	12	60	15	≥ 72	≥ 160
	16	80	20	≥ 96	≥ 205
ASTM E 8	12,5	50		60	
	8,75	35		45	
JIS Z 2201 No 4	14	50		60	



Рис. 3: Станок для шлифовки Zwick 7120

5. Оборудование и услуги для испытаний на усталость

5.1 Машины для испытаний на усталостную прочность

Сервогидравлические испытательные машины

Эти машины предназначены для проведения испытаний материалов, деталей и узлов при статическом и динамическом (циклическом) нагружении.

Отличительные признаки

- Особо жесткая нагружающая рама с ручным или гидравлическим приводом подъема траверсы
- Устойчивый к длительным рабочим нагрузкам цилиндр с высокоточными направляющими, что обеспечивает максимальную жесткость на всех этапах испытания

- Датчик перемещения LVDT с высоким разрешением и линейностью установлен по центру в штоке поршня
- Точный тензорезисторный датчик силы может быть установлен на штоке поршня или на траверсе
- Различные гидроагрегаты
- Большой выбор принадлежностей (захваты, датчики деформации, температурные камеры и т.д.)

Сервогидравлические машины (STM) (Стандартные варианты исполнения¹⁾)

Модель ²⁾	НС	НВ	НА
• Тип исполнения	настольн.	напольн.	напольн.
• Номинальное усилие [кН]	5 – 25	50 – 1000	50 - 500
• Ход поршня [мм]	100	100/250/400	100/250
• Длина образца [мм]	100 – 700	100 – 1100	250 - 1500
• Гидроагрегат			
Давление в системе [бар]	210/280	210/280	210/280
Объем подачи [л/мин]	9 – 30	20 – 270	20 – 270
• Макс. потребляемая мощность [кВт]	5 – 20	11 – 160	11 – 160

¹⁾ Нагружающие рамы поставляются по желанию заказчика с цилиндром на большую номинальную нагрузку

²⁾ Цилиндры на машинах серии НС и НВ расположены сверху рабочей зоны, серии НА – снизу



Рис.1: Сервогидравлическая машина Amsler HC 25



Рис.2: Сервогидравлическая машина Amsler HB 250



Рис.3: Сервогидравлическая машина Amsler HA 1005

Машина Amsler HC-компакт

Сервогидравлическая испытательная машина Amsler HC-компакт состоит из гидростанции, испытательной рамы и испытательного цилиндра. Она подходит для испытаний материалов и изделий при квазистатическом нагружении и в условиях многоциклового нагружения.

Преимущества

- Компактная конструкция с интегрированной гидростанцией не требует большой площади для установки
- Тихо работающая гидростанция позволяет осуществлять эксплуатацию без дополнительной шумоизоляции практически в любой лаборатории
- Благодаря установленному на верхней траверсе испытательному цилиндру можно проводить испытания на изгиб и испытания готовых изделий
- Плита с Т-образными пазами и твердохромированными поверхностями позволяет проводить испытания в агрессивных средах (например, раствор поваренной соли)
- Наличие гидростатического подшипника в цилиндре гарантирует значительно больший срок эксплуатации без техобслуживания, чем другие конструкции

Технические параметры

HC-компакт	
• исп. рама	F макс 25 кН
• цилиндр	F макс 10 или 25 кН ход 100 или 250 мм
• гидро-станция	9 л/мин, 210 бар уровень шума < 58 дБ (А)

Машина Amsler HCT и HBT для испытаний на растяжение, сжатие и кручение

Сервогидравлические испытательные машины серии Amsler HCT и HBT применяются для исследования свойств материалов и готовых изделий при комбинированном нагружении на растяжение, сжатие и кручение. Испытания можно проводить с нарастающим, переменным и постоянным нагружением.

Признаки

- Стандартная нагружающая рама модельного ряда HC и HB
- Установленный на верхней траверсе привод для растяжения, сжатия и кручения, состоящий из:
 - муфты компенсации длины
 - цилиндра кручения
- Муфта компенсации длины позволяет беззасторочно передавать крутящий момент на шток поршня продольного цилиндра. При этом цилиндр вращения остается неподвижным, в т.ч. в осевом направлении
- Комбинированный датчик силы/крутящего момента
- Возможно проведение испытаний с отдельным нагружением (например, только осевое нагружение)

	HCT 25/250	HBT 100/1
• Ном. усилие	F ном ± 25 кН, ход 100 мм	F ном ± 100 кН, ход 100 мм
• Ном. момент	M ном ± 250 Нм, угол вращ. 280°	M ном ± 1 кНм, угол вращ.



Рис.1: Сервогидравлическая испытательная машина Amsler HC-компакт



Рис.2: Сервогидравлическая машина Amsler HBT для испытаний на растяжение, сжатие и кручение

Измерительная и регулирующая электроника

HydroWin

Измерительная и регулирующая электроника HydroWin обладает исключительными характеристиками:

- регулирование по принципу замкнутого цикла (Closed-Loop) с частотой 10 кГц и регистрация данных
- 19-битный аналогово-цифровой преобразователь с линейризацией в реальном времени
- Каналы для измерений в реальном времени даже для производных измеренных значений (например, сумма или разность)
- 32-битная генерация заданных значений для любых функций с частотой до 1 кГц
- Адаптивное регулирование для нелинейных применений (например, компоненты из пластика или резины)
- Многоканальное регулирование (до 9 каналов)
- Управление внешними приборами
- Эффективное базовое и прикладное программное обеспечение

Workshop – программное обеспечение для контроллера HydroWin

Workshop представляет собой универсальное программное обеспечение для испытаний материалов и готовых изделий на усталость и выносливость. Существует множество прикладных программ для нормативных испытаний: например, на механику разрушения, малоцикловую усталость, испытаний амортизаторов и т.д. Возможно обновление для модернизации устаревших нагружающих рам многих производителей.

Постановка задач и функционирование

Вместе с цифровым контроллером HydroWin, включающим в себя систему регистрации данных, программное обеспечение Workshop предлагает полностью интегрированное решение для проведения испытаний в привычном окружении Windows, позволяющее оператору



Рис.1: Контроллер HydroWin

контролировать все возможности управления испытательной системой.

Конфигурация

Программное обеспечение на базе Workshop позволяет проводить конфигурацию измерительной и управляющей электроники HydroWin для использования измерительных датчиков и каналов, чтобы отвечать соответствующим требованиям. Аналоговые, цифровые и производные датчики можно конфигурировать и присваивать каналам. Подключение и отключение датчиков автоматически распознается контроллером HydroWin и программным обеспечением.

Toolkit

Программное обеспечение Toolkit поддерживает ПО Workshop и в сочетании с контроллером HydroWin обеспечивает отображение диаграмм в режиме реального времени, индикацию истинных значений (настройка для текущих значений), верхней и нижней пиковых значений, значений амплитуды колебаний или средних значений.

testXpert® Dynamic

Фирма Zwick также предлагает выбор программ testXpert® для специфических испытаний, включая испытания на малоцикловую усталость, испытания на кручение, блок-программу и испытания резино-металлических компонентов.



Рис.3: ПО Workshop (скриншот)



Рис.2: TestXpert®, испытание на усталость (скриншот)

Высокочастотный пульсатор с электромагнитным резонансным приводом

Фирма Zwick поставляет всемирно известный высокочастотный пульсатор Amsler HFP, первая версия которого была представлена фирмой Amsler в 1945 г. Специалисты в области испытаний металлов особенно ценят его высокую производительность при низких эксплуатационных затратах.

Отличительные признаки

- Малый расход энергии
- Высокая частота и короткое время испытаний
- Гидроагрегат не требуется



Рис.1: Испытание круглого образца

Применение

Испытания с регулированием по силе или деформации для определения усталостной прочности.

- Испытания на усталостную прочность по стандарту DIN 50100 (кривая Велера), при растяжении и сжатии с нарастающей и переменной нагрузкой.
- Исследования по механике разрушения на образцах CT и COD.



Рис.2: Высокочастотный пульсатор Amsler HFP 250

- Циклические испытания на изгиб.
- Испытания на усталостную прочность таких элементов, как пружины, болты, карданные валы, шатуны, поворотные цапфы.
- Контроль качества элементов, подвергаемых в процессе эксплуатации динамическим нагрузкам.
- Испытания при различных окружающих условиях (температура, агрессивные среды).

Электронный блок управления и регулирования

Управление и регулирование этих машин осуществляет электронный блок типа VibroWin®. Выбранные оператором параметры, а также заданные и истинные значения (напр., размеры образцов) отображаются на цифровом экране.



Рис.3: Испытание плоского образца

Высокочастотный пульсатор (стандартное исполнение)

Модель, Amsler HFP	5, 10	20, 30	50, 100, 150, 200, 250	300, 400, 500, 550
• Ном. усилие нагр. рамы [кН]	5 – 10	±20 до ±30	±50 до ±250	±300 до ±550
• Макс. усилие амплитуды [кН]	±5	±10 до ±15	±25 до ±125	±150 до ±225
• Макс. эластичная деформация образца [мм]	±3	±2	±2 - ±3	±2 - ±3
• Диапазон частоты [Гц]	35 – 300	35 – 300	35 – 300	35 – 300
• Рабочая ширина [мм]	350	530	750	1000
• Макс. потребляемая мощность [кВА]	1	1	1	2,5

5.2 Ударно-динамические испытательные машины

Сервогидравлические высокоскоростные испытательные машины Amsler HTM

Применение

Сервогидравлические высокоскоростные испытательные машины чаще всего используются для высокоскоростных испытаний на пробой и быстрый разрыв. Скорость можно легко выбирать в широком диапазоне: от очень низкой до максимальной. Целью типичных испытаний является определение свойств материалов при высокой скорости деформации (например, при аварии), а также наблюдение за поведением материалов при быстрых деформационных процессах. Некоторые примеры таких испытаний:

- испытания плоских и цилиндрических образцов на растяжение
- испытания соединений на растяжение, отслаивание и срез

Измерительная и регулирующая электроника

Регулирующая электроника testControl с программным обеспечением testXpert® позволяет осуществлять всеобъемлющий анализ результатов испытаний, а также составление протоколов и обработку данных.



Рис.1: testXpert®, скриншот процесса испытания, проводимого на высокоскоростной машине

Сервогидравлические высокоскоростные машины Amsler HTM (стандартные исполнения¹⁾)

Модельный ряд	Amsler HTM			
	2512	5020	8020	16020
• Гидравл. усилие испытания [кН]	± 25	± 50	± 80	±160
• Макс. скорость [м/с]	12	20	20	20
• Мин. скорость [мм/с]	1	1	1	1
• Концевое демпфирование [мм]	50, на обоих концах			
• Общий ход [мм]	350			
• Рабочий ход [мм]	250			
• Системное давление [бар]	280			
• Конструкция цилиндра	синхронный цилиндр для растяжения/сжатия с гидростатическим подшипником			
• Принцип силоизмерения	пьезоэлектрический			
• Принцип измерения перемещения	инкрементальный			
• Регистрация данных	10 МГц, 12 бит, 4 канала (стандарт), 8 каналов (опция)			

¹⁾ другие параметры машин по запросу



Рис.2: Высокоскоростная испытательная машина Amsler HTM 5020

Маятниковые копры

Применение

Маятниковые копры предназначены для определения энергии удара и ударной вязкости образцов и деталей (с надрезом и без). Конструкция копров соответствует определяющим стандартам для ударных испытаний.

С помощью маятниковых копров можно надежно и безопасно проводить испытания по международным стандартам Шарпи и Изод, а также испытания на ударное растяжение по Бруггеру.

В зависимости от материала, поперечного сечения образцов и стандартов испытаний, мы предлагаем маятники с энергией удара до 750 Дж, стандартные опоры и зажимные приспособления для образцов, которые можно менять без проведения калибровки.

Характеристики

- Прочная, устойчивая к деформации рама, опора маятника с малыми потерями на трение
- Соответствующая CE-сертификату защитная кабина для безопасности оператора
- Удобный подход к зоне испытаний
- Возможность легкой замены комплектующих изделий
- Программное обеспечение testXpert® в качестве опции

Принадлежности

Автоматическая или полуавтоматическая температурная камера с системой автоматической подачи образцов. Возможность проведения испытания по Шарпи при отрицательных или положительных температурах в соответствии со стандартами EN 10045 и ASTM E 23.

Охлаждение образцов осуществляется с помощью двухступенчатого холодильного агрегата (макс. температура охлаждения -60°C) или жидкого азота

(макс. температура охлаждения -180°C). Вместительность камеры до 21 образца.

Нагрев – электрический, переход тепла от корпуса термокамеры к образцам осуществляется кондуктивно (непосредственный контакт).

Нормативная форма надреза является решающей для получения надежных результатов в процессе ударных испытаний. Прибор Notch Vision (инспектор надрезов) быстро проводит измерение не только надреза, но и самого образца для испытаний на ударный изгиб.



Маятниковые копры

Модель	RKP 450	PSW 750	PSW 750 автоматизированный
• Макс.усилие удара, [Дж]	450, 300, 450	300, 450, 600, 750	300, 450, 600, 750
• Угол сброса [градусы]	150	161, 45	возможн. программирования до 5,42
• Скорость удара [м/сек]	5,23	5,42	до 5,42
• Инструментирование	опция	опция	опция



Рис.2: Маятниковый копер RKP 450



Рис.3: Маятниковый копер PSW 750



Рис.4: Маятниковый копер PSW 750 с полуавтоматической системой подачи образцов и термокамерой

Копры с падающим грузом

Большие копры с падающим грузом для испытаний труб магистральных газо- и нефтепроводов

Применение

Согласно директивам Американского института нефтяной промышленности трубы для газо- и нефтепроводов следует испытывать на копрах с падающим грузом. Специально для таких целей существуют стандартизированные копры, способные, в зависимости от требований, обеспечивать различные значения энергии и скорости падения груза. С помощью копров фирмы Zwick можно проводить испытания "образцов Batelle" по ASTM E 436-71T, API-RP 5 L 3, а также по DIN EN 10274 "Испытание падающим грузом".

Признаки

- Модульная система: 6 возможных типоразмеров и 2 высоты сброса груза
- Пневматический механизм подачи образцов, загрузка образцов вне рабочей зоны
- Пневматический механизм удерживания образца, нет необходимости в механической настройке толщины
- Электрическая и механическая блокировка рабочей зоны с помощью контура безопасности – запуск испытания возможен только после опроса всех предохранительных систем. Дополнительная независимая предохранительная балка с пневматическим управлением для защиты от несчастных случаев
- Сенсорный дисплей с электронной индикацией высоты, энергии, веса груза и скорости удара
- Плавно настраиваемая высота сброса устанавливается автоматически после ввода веса груза и энергии сброса
- Отдельные грузы для настройки энергии сброса



Рис.1: Большой копер с падающим грузом DWT 40 (высота сброса 5 м)

Копры с падающим грузом для испытаний по Pellini

Применение

Испытание падающим грузом для исследования склонности стали к хрупкому разрушению согласно стандартам SEP 1325 и ASTM E208 по методу 'W.S.Pellini'.

Создаваемая энергия

макс. 550 – 1630 джоулей,
вес груза: 22,5 – 136 кг

Копер Zwick Pellini P550

- Испытание образцов P2, P3 и P4
- Макс. высота сброса: 1000 мм, настраивается плавно
- Общая высота: ок. 2650 мм
- Вес груза: 34 кг – 56 кг
- Энергия сброса: 340 Дж – 550 Дж
- Скорость падения: макс. 4,4 м/с
- Потребляемая мощность: 2 кВт
- Давление воздуха: 8 бар
- Общий вес: 1000 кг
- Ручная подача образцов
- Отдельно устанавливаемые грузы
- Измерение веса груза датчиком силы
- Автоматический расчет энергии сброса
- Автоматический захват и подъем груза тросовой лебедкой
- Защитная дверь с предохранительной балкой
- Сенсорная панель управления



Рис.1: Копер Pellini P550

Модель	DWT20-2.5 20.000 Дж	DWT20-5 20.000 Дж	DWT30-2.5 30.000 Дж	DWT30-5 30.000 Дж	DWT40-2.5 40.000 Дж	DWT40-5 40.000 Дж	DWT60-5 60.000 Дж	DWT80-5 80.000 Дж	DWT100-5 100.000 Дж
• Макс. высота сброса [м]	2,5	5	2,5	5	2,5	5	5	5	5
• Вес груза, ок. [кг]	820	410	1225	613	1632	816	1225	1630	2040
• Общий вес [кг]	6100	6350	6700	7050	7150	7450	9300	9800	11.800
• Скорость падения [м/с]	7	9,9	7	9,9	7	9,9	9,9	9,9	9,9
• Скорость подъема груза									
высокая [м/мин]	18	18	18	18	18	18	18	18	18
низкая [м/мин]	3	3	3	3	3	3	3	3	3
• Общая высота, ок. [мм]	5900	8000	5900	8000	5900	8000	8300	8300	8300
• Потребл. мощность [кВт]	11	7	11	7	11	7	11	11	11
• Давление воздуха [бар]	8	8	8	8	8	8	8	8	8
• Расход воздуха [л/мин]	600	600	600	600	600	600	1000	1000	1000
• Низкотемператур. камера									
температура [°C]	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80
макс. отклонение темпер.	±1	±1	±1	±1	±1	±1	±1	±1	±1
• Кол-во образцов	3	3	3	3	3	3	3	3	3
• Макс. размеры образцов	50 x 77 x 305								

6. Пакеты модернизации испытательных машин всех производителей

ZMART.PRO Zwick

Технология модернизации и модификации

Модернизация испытательной системы (особенно это касается машин с высоким номинальным усилием, специальной нагружающей рамой или комплексным периферийным оборудованием) может стать экономически выгодной альтернативой покупке новой машины. Многие уже имеющиеся компоненты (например, датчик продольной деформации или захваты) можно адаптировать к новой технике и продолжать использовать.

Фирма Zwick находит соответствующие решения для любых машин, независимо от того, где они были произведены.

Zwick предлагает модульные комплекты модернизации, которые можно индивидуально адаптировать к различному оборудованию:

Пакеты модернизации для испытательных машин с электромеханическим и гидравлическим приводом

Благодаря пакету модернизации "testControl" машины для квазистатических испытаний (с электромеханическим или гидравлическим приводом) выводятся на самый современный уровень техники.

Пакет модернизации состоит из следующих базовых элементов:

- блок цифровой измерительной и регулирующей электроники testControl
- программное обеспечение testXpert®
- не требующий техобслуживания привод переменного тока с точным регулированием
- адаптация имеющихся датчиков

Дополнительно для гидравлических испытательных машин

- пропорциональные и сервоклапаны
- новая гидростанция или адаптация существующих гидравлических компонентов

Пакеты модернизации для сервогидравлических испытательных систем

Благодаря пакетам модернизации "HydroWin" и "Control Cube" фирма Zwick предлагает разнообразные возможности для модернизации сервогидравлических испытательных систем самых разных моделей и производителей.

Пакеты модернизации состоят из следующих компонентов:

- цифровая измерительная и регулирующая электроника HydroWin и Control Cube
- программное обеспечение testXpert® / Workshop
- новая гидростанция или адаптация существующих компонентов

Дополнительно фирма Zwick предлагает специальные

возможности модернизации для высокочастотных пульсаторов, высокоскоростных испытательных систем, машин для испытаний на длительную прочность и маятниковых копров.

Сделать из старого новое

Используются исключительно компоненты из актуальной программы серийного оборудования, так что машина после модернизации находится на том же уровне техники, что и сопоставимая с ней новая машина.

Благодаря стандартному программному обеспечению testXpert®, новые и модернизированные машины обладают одинаковой оболочкой пользователя.

После модернизации заказчику доступны новые долговременные возможности техобслуживания, гарантированное обеспечение запчастями, а также комплектующие фирмы Zwick.

Подробную информацию относительно измерительной и регулирующей электроники можно найти на страницах 33, 48 и 49.



Рис.1: Сервогидравлическая испытательная машина Zwick REL 2041 с блоком электроники HydroWin после модернизации



Рис.2: Испытательная машина Zwick 1455 с блоком электроники testControl после модернизации

7. Услуги фирмы Zwick

Техническая лаборатория и испытания на заказ

В последние годы техническая лаборатория фирмы Zwick превратилась в компетентный центр испытательной техники с активным обменом научным опытом.

Задачи:

- демонстрация оборудования и испытаний заказчикам
- проведение и анализ испытаний на заказ

Услуги:

- использование комплексной производственной программы фирмы Zwick
- разработка и адаптация специфических испытательных приспособлений
- документирование и интерпретация разрушения образцов
- услуги экспертов, владеющих многолетним опытом
- анализ и документирование исследований
- надежное проведение испытаний

по международным стандартам, заводским нормам и специальным предписаниям

- консультации по вопросам оборудования, методов и процессов испытаний

Лаборатория для испытаний на усталость и удар

- Построение диаграммы Велера для определения усталостной прочности соединений, структурных компонентов и сварных швов
- Исследования усталости при многоосевом нагружении
- Исследования усталости при нагружении, приближенном к производственному
 - одно- и многоступенчатые испытания
 - испытания при температуре (от -60°C до $+1.200^{\circ}\text{C}$)
 - испытания шатунов в условиях имитации работы двигателя
 - использование корродирующих сред по заказу
- Определение свойств материалов при малоцикловом нагружении (LCF)
- Определение характеристик механики разрушения
- Проведение испытаний при ударно-динамическом нагружении
- Применение измерительно-технических методов для регистрации важных механических величин (рост трещины, обнаружение

трещины, локальная деформация, температурные характеристики и т.д.) образцов и готовых изделий

Лаборатория для квазистатических испытаний

- Испытания на растяжение, сжатие, изгиб и кручение
- Испытания при температуре (от -40°C до $+200^{\circ}\text{C}$)
- Испытания в высокотемпературном диапазоне (от $+200^{\circ}\text{C}$ до $+900^{\circ}\text{C}$)
- Определение ударной вязкости
- Испытания на твердость
- Испытания для определения индекса расплава
- Испытания готовых изделий
- Определение вязкости
- Определение параметров механики разрушения



Рис.1: Лаборатория для испытаний на усталость и удар



Рис.2: Лаборатория для квазистатических испытаний

Услуги

Support Desk

Наша служба Support Desk представляет собой экономичную альтернативу стажировкам или вызову сервисных инженеров. Знания наших сотрудников, основанные на многолетней практике, позволяют быстро и эффективно решать поставленные задачи.

Сервис

Удовлетворение запросов заказчика стоит для группы Zwick Roell AG на первом месте. Локальные сервисные службы в более чем 50 странах обеспечивают оптимальное использование и постоянную исправность вашего оборудования.



Техническое обслуживание

Плановое техническое обслуживание обеспечивает не только бесперебойную работу вашей машины и увеличение срока ее службы, но и точность и воспроизводимость результатов. Заключение договора на сервисное обслуживание гарантирует своевременное выявление необходимости замены узлов и агрегатов, что в свою очередь обеспечивает оперативную поставку расходных материалов и запасных частей.

Ремонт

Для нас очень важно, чтобы наше оборудование работало безупречно. Риск выхода из строя и степень износа продукции Zwick сведены к минимуму. Если же, несмотря на высокие стандарты качества, в работе машины или программного обеспечения произошел сбой, наши квалифицированные технические специалисты проконсультируют вас прямо на месте по телефону, факсу или электронной почте.

При необходимости наши сервисные инженеры приедут на ваше предприятие и проведут необходимый ремонт.

Калибровка

Калибровочная лаборатория фирмы Zwick аккредитована по правилам DKD¹⁾, UKAS²⁾, COFRAC³⁾ и A2LA⁴⁾ по DIN EN. Специалисты лаборатории уполномочены проводить поверку испытательных машин и систем на месте установки в соответствии с нормами ISO/ IEC 17025 и выдавать признанные почти во всех странах сертификаты калибровки датчиков силы и деформации, маятниковых копров и твердомеров.

В России фирма Zwick предлагает услуги по проведению калибровки испытательного оборудования в соответствии со стандартами ISO и ASTM. Работы по калибровке проводят сертифицированные специалисты из Германии совместно с инженерами сервисной службы представительства.

¹⁾ DKD: Немецкая калибровочная служба

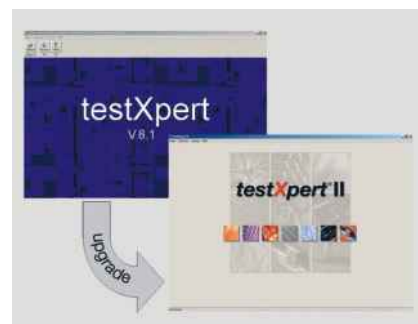
²⁾ UKAS: Аккредитационная служба Великобритании

³⁾ COFRAC: Французский комитет по аккредитации

⁴⁾ A2LA: Американская ассоциация по аккредитации лабораторного оборудования

Upgrade/ Update программного обеспечения

Update обеспечивает постоянное развитие программного обеспечения пакета testXpert® и дает доступ к расширенному функциональному объему. Кроме того, в актуальных версиях учитываются самые новые стандарты по проведению испытаний.



Модернизация со старой операционной системы DOS на новую Windows гарантирует надежный переход на новые технологии. Upgrade с testXpert® на testXpert® II позволит вам применять в повседневной работе новейшие разработки testXpert® со всеми их преимуществами.

8 Стандарты и испытательное оборудование

Стандарт		Вид испытания	Тип	Оборудование	Стр.
№., часть	Стандарт				
4	ASTM E	Калибровка силоизмерения	Испытательные приспособления	Динамометрический датчик	-
8	ASTM E	Растяжение при комнатной температуре	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
8	ASTM E	Растяжение при повыш. температуре	Испытания	Испытательные машины	28
8	ASTM E	Изготовление образцов для растяж.	Изготовление образцов	Изготовление образцов	54
9	ASTM E	Испытание на сжатие	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
10	ASTM E	Твердость по Бринеллю	Испытания на твердость	Твердомеры	34
18	BS	Растяжение при комнатной температуре	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
18	ASTM E	Твердость по Роквеллу	Испытания на твердость	Твердомеры	34
21	ASTM E	Растяжение при повыш. температуре	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
23	ASTM E	Стандартные методы ударных испытаний образцов с надрезом	Испытательные приспособления	Маятниковые копры	60
92	ASTM E	Твердость по Виккерсу	Испытания на твердость	Твердомеры	34
148 -1	ISO	Испыт. на ударный изгиб по Шарпи (V)	Испыт. с ударным нагружением	Маятниковые копры	60
148 -2	DIN EN ISO	Испытание на удар по Шарпи	Испыт. с ударным нагружением	Маятниковые копры	60
190	ASTM E	Испытание сварных швов на изгиб	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
208	ASTM	Drop Weight Tests NIL-Duct. trans. temp.	Испыт. с ударным нагружением	Копер с падающим грузом	61
230 / 201	VDA	Draw Bead Test	Прочие испытания	Приспособления Draw Bead	15
290	ASTM E	Испытание сварных швов на изгиб	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
345	ASTM E	Испыт. металл. фольги на растяж.	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
370	ASTM A	Испыт. на растяж. при комнат. темпер.	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
376	DIN EN ISO	Калибровка силоизмер. приборов	Испытательные приспособления	Маш. для исп. на раст., сжат. и изг.	28
384	ASTM	Твердость по Кнупу	Испытания на твердость	Твердомеры	34
399	ASTM E	Испытания на механику разрушения	Испытания	Испытательные машины	28
416	ASTM A	Исп. провол. пряд. и арматуры на раст.	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
436	ASTM	Drop Weight Tear Tests of ferritic steels	Исп. с ударным нагружением	Копер с падающим грузом	61
488	DIN	Исп. арматур. стали на растяжение	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
606	ASTM E	Practice Strain Controlled Fatigue Testing	Испытания	Высокочастотный пульсатор	58
643	ASTM E	Исп. на глуб. вытяжку по Ольсену	Прочие испытания	Маш. для исп. на глуб. вытяжку	33
696	DIN	Испытание арматурной стали	Испытания	Высокочастотный пульсатор	58
739	SI	Испытание арматурной стали	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
783	ISO	Высокотемпературные испытания	Испытания	Испытательные машины	28
895	DIN EN	Испыт. сварных соедин. на растяжение	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
898	ISO	Испытание болтов на растяжение	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
910	DIN EN	Испыт. сварных швов на изгиб	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
1023	DIN EN	Испыт. труб, сегментов труб на изгиб	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
1043	DIN EN	Твердость сварных соединений	Испытания на твердость	Твердомеры	34
1143	ISO	Испытание на изгиб с вращением	Испытания	Маш. для исп. на изгиб с вращ.	22
1455	DIN EN ISO	Исп. на удар.изгиб по Шарпи (V) инстр.	Испыт. с ударным нагружением	Маятниковые копры	60
1669	DIN EN	Испытание на вытяжку фестонов	Прочие испытания	Маш. для исп. на глуб. вытяжку	33
2002 -7	DIN EN	Тверд. в авиации и космонавтике	Испытания на твердость	Твердомеры	34
2201	JIS Z	Изготовление образцов на растяж.	Изготовление образцов	Изготовление образцов	54
2204	JIS Z	Испытание на изгиб	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
2241	JIS Z	Испыт. на растяж. при комнат. темпер.	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
2242	JIS Z	Испыт. на ударный изгиб по Шарпи	Испыт. с ударным нагружением	Маятниковые копры	60
2248	JIS Z	Испытание на изгиб	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
2248	JIS Z	Method Bond Test	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
3112	JIS	Испыт. арматурной стали на растяж.	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
4449	BS	Испыт. арматурной стали на растяж.	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
4449	BS	Method Bond Test	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
4482	BS	Испыт. арматурной стали на растяж.	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28

Стандарт		Вид испытания	Тип	Оборудование	Стр.
№., часть	Стандарт				
4483	BS	Испыт. арматурной стали на растяж.	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
4506	DIN ISO	Испыт. твердых сплавов на сжатие	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
4545	ISO	Твердость по Кнупу	Испытания на твердость	Твердомеры	34
5896	BS	Исп. провол. пряд. и арматуры на раст.	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
6506	DIN EN ISO	Твердость по Бринеллю	Испытания на твердость	Твердомеры	34
6507	DIN EN ISO	Твердость по Виккерсу	Испытания на твердость	Твердомеры	34
6508	DIN EN ISO	Твердость по Роквеллу	Испытания на твердость	Твердомеры	34
6603 -2	DIN EN ISO	Исп. на быстрый разрыв и пробой	Испыт. с ударным нагружением	Высокоскор. испыт. машины	59
6892	ISO	Испыт. на растяж. при комнат. темпер.	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
7438	ISO	Испытание на изгиб	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
7500 -1	DIN EN ISO	Калибровка силоизмер. оборудования	Испытательные приспособления	Динамометрический датчик	-
8491	ISO	Испытание труб	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
9283	DIN EN ISO	Промышл. робот - методы испытаний	Испытательные приспособления	Маш. для исп. на раст., сжат., изг.	28
9513	DIN EN ISO	Калибровка оборудования для измерения продольной деформации	Испытательные приспособления	Экстензометры	-
10002 -1	DIN EN	Изготовление образцов на растяж.	Изготовление образцов	Изготовление образцов	54
10002 -1	DIN EN	Испыт. на растяж. при комнат. темпер.	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
10002 -5	DIN EN	Испыт. на растяж. при повыш. темпер.	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
10045 -1	DIN EN	Испыт. на ударный изгиб по Шарпи	Испыт. с ударным нагружением	Маятниковые копры	60
10045 -2	DIN EN	Ударные испытания по Шарпи	Испытательные приспособления	Маятниковые копры	60
10080	DIN EN	Испыт. арматурной стали на растяж.	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
10113	ISO	Определение значения σ	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
10138	DIN EN	Исп. провол. пряд. и арматуры на раст.	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
10232	DIN EN	Испытание труб	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
10237	DIN EN	Испытание труб	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
10274	DIN EN	Испытание падающим грузом	Испыт. с ударным нагружением	Копер с падающим грузом	61
10275	ISO	Определение значения ρ	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
10606	ISO	Испыт. арматурной стали на растяж.	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
12135	ISO	Испытания на механику разрушения	Испытания	Испытательные машины	28
14577	DIN EN ISO	Твердость по Мартенсу	Испытания на твердость	Твердомеры	34
15579	ISO	Испыт. на растяж. при низких темпер.	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
20482	DIN EN ISO	Испыт. на глуб. вытяжку по Эриксену	Прочие испытания	Маш. для исп. на глуб. вытяжку	33
22252	DIN	Испытание цепей на растяжение	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
24506	DIN EN	Испыт. твердых сплавов на сжатие	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
36065	UNE	Испытание арматурной стали	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
50100	DIN	Исп. на вибропрочность (по Велеру)	Испытания	Сервогидравл. испыт. машины	55
50106	DIN	Испытание на сжатие	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
50111	DIN	Испыт. на изгиб (на загиб)	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
50113	DIN	Испыт. на изгиб с вращением	Испытания	Маш. для исп. на изгиб с вращ.	22
50118	DIN	Исп. на длит. прочн. при растяжении	Испытания	Маш. для исп. на длит. прочн.	50
50125	DIN	Изготовление образцов на растяжение	Изготовление образцов	Изготовление образцов	54
50141	DIN	Испытание на срез	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
50151	DIN	Испыт. проката толщ. 0,05 – 1 мм на	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
50154	DIN	изгиб	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
50155	DIN	Испыт. металл. фольги на растяжение	Прочие испытания	Маш. для исп. на глуб. вытяжку	33
51222	DIN	Исп. по Fukui – вытягивание стаканчиков	Испытательные приспособления	Маятниковые копры	60
65150	LN	Требования к маят. копрам ≤ 50 Дж	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
84912	ISO	Испытание на срез	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
5L	API	Испыт. труб и сегментов труб на изгиб	Исп. на растяж., сжатие и изгиб	Испытательные машины	28
5L3	API-RP	Испыт. на растяж. при комнат. темпер.	Испыт. с ударным нагружением	Копер с падающим грузом	61

Тип	Вид испытания	Стандарт	№	Оборудование	Стр.
1. Испытательные приспособления	Калибровка силоизмер. оборудования	ASTM E	4	Динамометрический датчик	-
	Калибр. обор. для измер. прод. деформ.	DIN EN ISO	9513	Экстензометры	-
	Standard test methods notched bar impact testing	ASTM E	23	Маятниковые копры	60
	Калибровка силоизмер. приборов	DIN EN ISO	376	Маш.для исп.на раст., сжат., изг.	
	Промышл. робот – методы испытаний	DIN EN ISO	9283	Маш.для исп.на раст., сжат., изг.	51
	Требования к маятник. копрам ≤ 50 Дж	DIN	51222	Маятниковые копры	60
	Ударные испытания по Шарпи	DIN EN	10045-2	Маятниковые копры	60
	Калибровка силоизмер. оборудования	DIN EN ISO	7500-1	Динамометрический датчик	
	2. Изготовление образцов	Изготовление образцов на растяж.	DIN EN	10002-1	Изготовление образцов
Изготовление образцов на растяж.		DIN	50125	Изготовление образцов	54
Изготовление образцов на растяж.		JIS Z	2201	Изготовление образцов	54
Изготовление образцов на растяж.		ASTM E	8	Изготовление образцов	54
3. Испыт. на растяжение, сжатие и изгиб	Испыт. на растяж. при комнат. темпер.	DIN EN	10002-1	Испытательные машины	28
	Испыт. на растяж. при комнат. темпер.	ISO	6892	Испытательные машины	28
	Испыт. на растяж. при комнат. темпер.	API	5L	Испытательные машины	28
	Испыт. на растяж. при комнат. темпер.	JIS Z	2241	Испытательные машины	28
	Испыт. на растяж. при комнат. темпер.	BS	18	Испытательные машины	28
	Испыт. на растяж. при комнат. темпер.	ASTM A	370	Испытательные машины	28
	Испыт. на растяж. при комнат. темпер.	ASTM E	8	Испытательные машины	28
	Испыт. на растяж. при повыш. темпер.	DIN EN	10002-5	Испытательные машины	28
	Испыт. на растяж. при повыш. темпер.	ASTM E	21	Испытательные машины	28
	Испыт. на растяж. при низкой темпер.	ISO	15579	Испытательные машины	28
	Испыт. стальной арматуры на растяж.	DIN	488	Испытательные машины	28
	Испыт. стальной арматуры на растяж.	BS	4449	Испытательные машины	28
	Испыт. стальной арматуры на растяж.	BS	4482	Испытательные машины	28
	Испыт. стальной арматуры на растяж.	BS	4483	Испытательные машины	28
	Испыт. стальной арматуры на растяж.	JIS	3112	Испытательные машины	28
	Испыт. стальной арматуры на растяж.	ISO	10606	Испытательные машины	28
	Испыт. стальной арматуры на растяж.	DIN EN	10080	Испытательные машины	28
	Испытания стальной арматуры	SI	739	Испытательные машины	28
	Испытания арматурной стали	UNE	36065	Испытательные машины	28
	Исп. провол.пряд. и арматуры на раст.	DIN EN	10138	Испытательные машины	28
	Исп. провол.пряд. и арматуры на раст.	BS	5896	Испытательные машины	28
	Исп. провол.пряд. и арматуры на раст.	ASTM A	416	Испытательные машины	28
	Испыт. металл. фольги на растяжение	ASTM E	345	Испытательные машины	28
	Испыт. металл. фольги на растяжение	DIN	50154	Испытательные машины	28
	Определение значения n	ISO	10275	Испытательные машины	28
	Определение значения r	ISO	10113	Испытательные машины	28
	Испыт. сварных соединений на растяж.	DIN EN	895	Испытательные машины	28
	Испытание цепей на растяжение	DIN	22252	Испытательные машины	28
	Испытание болтов на растяжение	ISO	898	Испытательные машины	28
	Испытание на срез	DIN	50141	Испытательные машины	28
	Испытание на срез	LN	65150	Испытательные машины	28
	Испытание труб	DIN EN	10232	Испытательные машины	28
	Испытание труб	DIN EN	10237	Испытательные машины	28
	Испытание труб	ISO	8491	Испытательные машины	28
	Испытание на сжатие	DIN	50106	Испытательные машины	28
	Испытание на сжатие	ASTM E	9	Испытательные машины	28
	Испытание твердых сплавов на сжатие	DIN ISO	4506	Испытательные машины	28
	Испытание твердых сплавов на сжатие	DIN EN	24506	Испытательные машины	28

Тип	Вид испытания	Стандарт	№	Оборудование	Стр.
3. Испыт. на растяжение, сжатие и изгиб	Испытание на изгиб	ISO	7438	Испытательные машины	28
	Испытание на изгиб	JIS Z	2248	Испытательные машины	28
	Испытание на изгиб	JIS Z	2204	Испытательные машины	28
	Испытание на изгиб (на загиб)	DIN	50111	Испытательные машины	28
	Испытание сварных швов на изгиб	DIN EN	910	Испытательные машины	28
	Испытание сварных швов на изгиб	ASTM E	190	Испытательные машины	28
	Испытание сварных швов на изгиб	ASTM E	290	Испытательные машины	28
	Исп. проката толщ. 0,05 – 1 мм на изгиб	DIN	50151	Испытательные машины	28
	Испыт. труб, сегментов труб на изгиб	DIN EN	1023	Испытательные машины	28
	Испыт. труб, сегментов труб на изгиб	ISO	84912	Испытательные машины	28
	Method Bond Test	JIS Z	2248	Испытательные машины	28
	Method Bond Test	BS	4449	Испытательные машины	28
	4. Испытания на твердость	Твердость по Виккерсу	DIN EN ISO	6507	Твердомеры
Твердость по Виккерсу		ASTM E	92	Твердомеры	34
Твердость по Бринеллю		DIN EN ISO	6506	Твердомеры	34
Твердость по Бринеллю		ASTM E	10	Твердомеры	34
Твердость по Роквеллу		DIN EN ISO	6508	Твердомеры	34
Твердость по Роквеллу		ASTM E	18	Твердомеры	34
Твердость по Кнупу		ISO	4545	Твердомеры	34
Твердость по Кнупу		ASTM	384	Твердомеры	34
Твердость по Мартенсу		DIN EN ISO	14577	Твердомеры	34
Твердость сварных соединений		DIN EN	1043	Твердомеры	34
Твердость в авиации и космонавтике		DIN EN	2002-7	Твердомеры	34
5. Испытания	Высокотемпературные испытания	ISO	783	Испытательные машины	28
	Высокотемпературные испытания	ASTM E	8	Испытательные машины	28
	Испытания на механику разрушения	ISO	12135	Испытательные машины	28
	Испытания на механику разрушения	ASTM E	399	Испытательные машины	28
	Испытание на изгиб с вращением	DIN	50113	Маш. для исп. на изгиб с вращ.	22
	Испытание на изгиб с вращением	ISO	1143	Маш. для исп. на изгиб с вращ.	22
	Испыт. на вибропрочность (по Велеру)	DIN	50100	Сервогидр. испыт. машины	55
	Испыт. на длит. прочн. при растяжении	DIN	50118	Маш. для испыт. на длит. прочн.	50
	Practice Strain Controlled Fatigue Testing	ASTM E	606	Высокочастотный пульсатор	58
	Испытание стальной арматуры	DIN	696	Высокочастотный пульсатор	58
6. Испытания с ударным нагружением	Испыт. на удар. изгиб по Шарпи	DIN EN	10045-1	Маятниковые копры	60
	Исп. на удар. изгиб по Шарпи (V) инстр.	DIN EN ISO	1455	Маятниковые копры	60
	Test methods for notched bar impact testing	ASTM E 23	Маятниковые копры	60	
	Испыт. образцов с надрез. на удар. изгиб ISO	ISO	148-1	Маятниковые копры	60
	Испыт. на быстрый разрыв и пробой	DIN EN ISO	6603-2	Высокоскорост. испыт. машина	59
	Испытание падающим грузом	DIN EN	10274	Копер с падающим грузом	61
	Drop Weight Tear Tests on pipe line	API-RP	5L3	Копер с падающим грузом	61
	Drop Weight Tear Tests of ferritic steels	ASTM	436	Копер с падающим грузом	61
	Drop Weight Tests NIL-Duct. trans. temp.	ASTM	208	Копер с падающим грузом	61
	7. Прочие испытания	Испыт. на глуб. вытяжку по Эриксену	DIN EN ISO	20482	Маш. для исп. на глуб. вытяжку
Испыт. на вытяжку по Ольсену		ASTM E	643	Маш. для исп. на глуб. вытяжку	33
Испыт. по Fukui – вытяг. стаканчиков		DIN	50155	Маш. для исп. на глуб. вытяжку	33
Draw Bead Test		VDA	230/201	Приспособления Draw Bead	15
Испытание на глуб. вытяжку фестонов		DIN EN	1669	Маш. для исп. на глуб. вытяжку	33

Zwick Roell AG
August-Nagel-Str. 11
D-89079 Ulm
Phone ++49 7305-10-0
Fax ++49 7305-10-200
www.zwickroell.com
info@zwickroell.com

**Zwick
GmbH & Co. KG**
August-Nagel-Str. 11
D-89079 Ulm
Phone ++49 7305-10-0
Fax ++49 7305-10-200
www.zwick.de
info@zwick.de

**Toni Technik
Baustoffprüfsysteme GmbH**
Gustav-Meyer-Allee 25
D-13355 Berlin
Phone ++49 30-46403921/23
Fax ++49 30-46403922
www.tonitechnik.com
info@tonitechnik.com

**Indentec
Hardness Testing Machines Ltd.**
Lye Valley Industrial Estate, Bromley Street
Lye, Stourbridge
West Midlands Dy9 8HX, Great Britain
Phone ++44 1384-896949
www.indentec.demon.co.uk
mail@indentec.demon.co.uk

Acmel Labo
10/12 rue de l'Orme Saint Germain
91160 Champlan, France
Tel. ++33 1-69109595
Fax ++33 1-69100186
www.acmel.fr
info@acmel.fr

Zwick GmbH & Co. KG
Представительства в России и СНГ

125167, г. Москва
Ленинградский пр-т, д. 37А, корп.14
Тел.: +7 (495) 783-88-12, 783-88-14
Факс: +7 (495) 783 88 13

6200078, г. Екатеринбург,
ул. Коминтерна, 16, оф. 712-1
Тел./ Факс : +7 (343) 379-30-20,
Тел. +7 (912) 601-95-95

195220, г. С.-Петербург
ул. Гжатская, д.9, пом. 8Н
Тел.: +7 (812) 676 37 39
Факс: +7 (812) 676 37 34

Представитель в Украине:
Тел.: +38 (056) 794-64-71, +38 (067) 563-02-72

E-mail: info@zwick.ru
http://www.zwick.ru

