



УДК 620.17  
DOI: 10.21122/1683-6065-2019-1-89-94

Поступила 17.01.2019  
Received 17.01.2019

## ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗРЫВНЫХ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ МАШИН НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ПЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРОВОЛОКИ РМЛ

Н. А. АКУНЕЦ, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37. E-mail: fmi.czl@bmz.gomel.by

*Для металлопродукции, выпускаемой метизными цехами (металлокорд, проволока РМЛ и бортовая бронзовая проволока), наиболее важными являются механические свойства, которые определяют прочность, пластичность и другие характеристики материалов. В статье описаны характеристики разрывных испытательных машин, влияющие на результаты испытаний пластических свойств проволоки РМЛ. Выполнен анализ условий проведения испытаний и факторов, влияющих на результаты испытаний.*

**Ключевые слова.** Разрывная испытательная машина, проволока РМЛ, относительное удлинение, траверса (нагружающая рама), экстензометр.

**Для цитирования.** Акунец, Н. А. Влияние характеристик разрывных испытательных машин на результаты испытаний пластических свойств проволоки РМЛ / Н. А. Акунец // *Литье и металлургия*. 2019. № 1. С. 89–94. DOI: 10.21122/1683-6065-2019-1-89-94.

## THE INFLUENCE OF THE CHARACTERISTICS OF BREAKING TEST UNITS ON THE RESULTS OF TESTING PLASTIC PROPERTIES OF THE WIRE RML

N. A. AKUNETS, OJSC «BSW – Management Company of Holding «BMC», Zhlobin city, Gomel region, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail: fmi.czl@bmz.gomel.by

*For metal products manufactured by hardware shops (metal cord, PML wire and side bronzed wire), the most important mechanical properties are those, that determine the strength, ductility and other characteristics of the materials. The article describes the characteristics of breaking test unit that affect the results of tests of plastic properties of RML wire. The analysis of the test conditions and factors affecting the test results was made.*

**Keywords.** Breaking test unit, wire RML, elongation, the yoke (load frame), the extensometer.

**For citation.** Akunets N. A. The influence of the characteristics of breaking test units on the results of testing plastic properties of the wire RML. *Foundry production and metallurgy*, 2019, no. 1, pp. 89–94. DOI: 10.21122/1683-6065-2019-1-89-94.

Исходя из требований стандартов, по которым работают фирмы-потребители нашей продукции, в лабораториях ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» – ЦЗЛ имеются различные испытательные машины, охватывающие все испытания и удовлетворяющие требованиям нормативной документации. Это разрывные машины фирмы «Zwick» с программным обеспечением test Xpert: разрывная машина Zwick 2.5; разрывная машина Zwick / Roell Z005; разрывная машина Zwick / Roell Z010, на которых можно проводить измерения следующим образом: по передвижению траверсы (нагружающей рамы) испытательной машины; с помощью экстензометра.

Под воздействием усилия во время испытания деформируется не только образец, но и элементы испытательной машины: детали нагружающей рамы, датчик силы, захваты, образец вне расчетной длины. В некоторых случаях необходимо учитывать жесткость образцов, при испытании которых упругая деформация машины может быть значительной.

Поэтому определение модуля упругости, предела текучести, удлинения по передвижению подвижного захвата не дает точных результатов. В частности, масштаб по оси удлинения прямо связан со скоростью передвижения подвижного захвата машины. Однако величина удлинения должна рассчитываться только по расчетной длине образца. Перемещение же захвата соответствует суммарному удлинению,



Рис. 1. Общий вид испытательной машины Zwick 2.5

ческих методов с использованием экстензометров, поверенных в исследуемом диапазоне деформаций. Если по результатам удлинения возникают разногласия, заинтересованные стороны должны согласовать метод, который должен использоваться для получения результатов. Далее: «для материалов, для которых заданное удлинение составляет 3% и менее, перед испытанием измеряют исходную расчетную длину с точностью до 0,05 мм». Также указано, что результаты удлинения очень чувствительны к такой переменной, как центровка образца.

Проанализируем испытания проволоки РМЛ при использовании разных испытательных машин в нашей лаборатории и условий проведения испытаний: без использования экстензометра и винтовых захватов (разрывная машина Zwick 2.5); с использованием экстензометра и винтовых захватов (разрывная машина Zwick / Roell Z005); с использованием экстензометра и пневматического модуля управления (разрывная машина Zwick / Roell Z010).

Использование винтовых односторонних закрывающихся захватов позволяет проводить статические, плавные либо нарастающие испытания на растяжение.

Использование пневматического модуля исключает проскальзывание образца за счет особенной конструкции захватов, выраженной в виде канавки на захвате. При применении пневматического модуля частично снижается возникающее усилие растяжения, которое в свою очередь позволяет снизить усилие зажима в захвате при испытании чувствительных образцов, которыми является проволока РМЛ.

включающему деформацию зажимов машины, а также упругие деформации других ее частей. Величина всех этих «паразитных» деформаций определяет жесткость испытательной машины – очень важную ее характеристику, влияющую на определение механических свойств при растяжении. Величина «паразитных» деформаций тем больше, чем выше сопротивление образца растяжению. Полностью избавиться от них невозможно. Поэтому для регистрации удлинения размещают прибор, измеряющий деформацию, а именно экстензометр.

В стандарте ASTM E8/E8M-16a «Стандартные методы испытания металлических материалов на растяжение» подробно описаны все моменты, которые нужно учитывать при проведении испытаний на растяжение.

В п.7.11 удлинение при разрыве может определяться с помощью автографических или автоматических методов с использованием экстензометров, поверенных в исследуемом диапазоне деформаций.

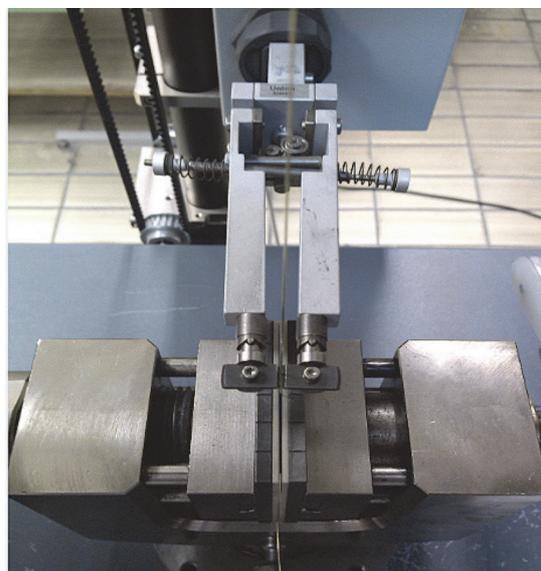
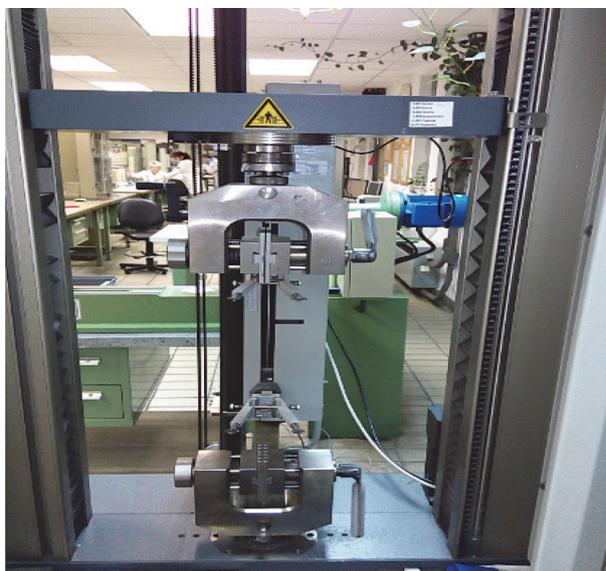
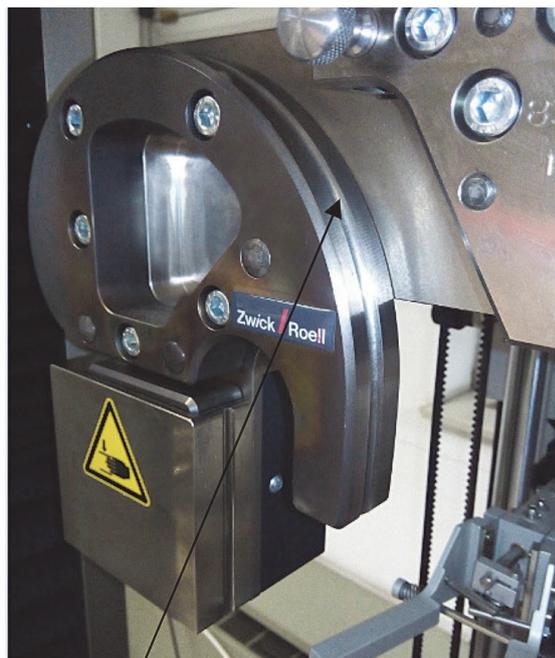


Рис. 2. Общий вид испытательной машины Zwick /Roell Z005



Направляющая канавка

Рис. 3. Общий вид разрывной машины Zwick /Roell Z100 и пневмозахватов

На рис. 1 показана испытательная машина Zwick 2.5, на которой расстояние устанавливается с помощью измерительных инструментов, что не исключает погрешности при разведении захватов на нужную базу, захваты винтовые.

На рис. 2 представлена испытательная машина Zwick /Roell Z005, где расстояние устанавливается программным обеспечением автоматически, т. е. щупы экстензометра при помощи электроники раздвигаются точно на заданную базу, захваты винтовые.

На рис. 3 приведена разрывная машина Zwick /Roell Z100, где расстояние устанавливается программным обеспечением автоматически, т. е. щупы экстензометра при помощи электроники раздвигаются точно на заданную базу, с пневматическим модулем управления.

При проведении испытаний на машине Zwick 2.5, как бы не был зафиксирован образец в зажимах, испытание произойдет, но если образец зажат не по центру, то будут действовать изгибающие напряжения, которые возникают при несоосном зажиме образца, что в свою очередь повлияет на результаты испытаний.

При проведении испытаний на машине Zwick /Roell Z005 любое отклонение от центровки исключает попадание проволоки между щупами экстензометра. При проведении испытаний на машине Zwick/Roel Z100, оснащенной пневматическим модулем управления, благодаря пневматическим захватам, которые, имея в своей конструкции направляющую канавку, полностью исключаются отклонения от центровки. Факторы, влияющие на результаты испытаний, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Факторы, влияющие на результаты испытания

Zwick 2.5	Zwick /Roell Z005	Zwick/Roell Z100
Нагружающая рама Жесткость машины Влияние оператора Отсутствие экстензометра Характеристика проволоки	Влияние оператора Характеристика проволоки	Характеристика проволоки

Для того чтобы увидеть разницу результатов испытаний удлинения на разрывной машине Zwick 2.5 (удлинение по траверсе), разрывной машине ZWICK/Roell Z005 (удлинение по экстензометру) и машине Zwick/Roel Z100, оснащенной пневматическим модулем управления, проводили испытания на каждой из трех машин по 20 раз на одной и той же катушке четырьмя операторами. Результаты параметра «относительное удлинение» на проволоке РМЛ диаметром 0,500 мм приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. Результаты испытаний по параметру «относительное удлинение»

Номер испытаний	Zwick 2.5				Zwick /Roell Z005				Zwick/Roell Z1010			
	относительное удлинение, %				относительное удлинение, %				относительное удлинение, %			
	оператор				оператор				оператор			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	2,88	2,87	2,88	2,89	2,55	2,56	2,61	2,61	2,58	2,59	2,59	2,59
2	2,98	2,90	2,92	2,63	2,59	2,62	2,62	2,63	2,58	2,59	2,58	2,59
3	2,92	2,68	2,78	2,89	2,50	2,59	2,60	2,69	2,59	2,58	2,58	2,58
4	2,64	2,91	2,83	2,85	2,61	2,67	2,59	2,63	2,58	2,59	2,58	2,59
5	2,76	2,87	2,89	2,91	2,58	2,59	2,61	2,61	2,58	2,58	2,59	2,59
6	2,94	2,80	2,88	2,90	2,77	2,64	2,60	2,60	2,58	2,58	2,6	2,58
7	2,82	2,90	2,89	2,88	2,62	2,70	2,61	2,59	2,59	2,59	2,58	2,59
8	2,86	2,85	2,91	2,93	2,60	2,73	2,61	2,63	2,59	2,58	2,59	2,59
9	2,95	2,90	2,64	2,86	2,63	2,62	2,64	2,61	2,58	2,59	2,58	2,58
10	2,75	2,84	2,90	2,89	2,72	2,72	2,60	2,62	2,60	2,60	2,58	2,59
11	2,91	2,92	2,79	2,89	2,60	2,72	2,62	2,60	2,58	2,59	2,59	2,59
12	2,80	2,87	2,86	2,91	2,58	2,58	2,74	2,61	2,59	2,59	2,59	2,60
13	2,83	2,84	2,93	2,83	2,59	2,62	2,63	2,63	2,58	2,58	2,58	2,60
14	2,95	2,88	2,92	2,88	2,61	2,56	2,62	2,59	2,58	2,58	2,58	2,58
15	2,87	2,89	2,89	2,92	2,63	2,68	2,62	2,52	2,59	2,59	2,58	2,58
16	2,99	2,90	2,91	2,90	2,67	2,61	2,61	2,60	2,59	2,59	2,58	2,59
17	2,87	2,87	2,90	2,89	2,58	2,68	2,61	2,52	2,59	2,59	2,59	2,58
18	2,95	2,86	2,89	2,89	2,63	2,61	2,52	2,59	2,58	2,59	2,58	2,59
19	2,90	2,79	2,92	2,90	2,71	2,59	2,62	2,60	2,58	2,60	2,58	2,59
20	2,78	2,90	2,78	2,87	2,69	2,70	2,58	2,59	2,59	2,58	2,59	2,58

Т а б л и ц а 3. Показатели средних значений и среднеквадратичных отклонений по результатам испытаний разными операторами на разрывных машинах

Модификация разрывной машины	Zwick 2.5				Zwick/Roell Z005				Zwick/Roell Z1010			
Номер оператора	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Среднее значение	2,87	2,86	2,87	2,88	2,62	2,64	2,61	2,60	2,59	2,59	2,59	2,59
Среднеквадратичное отклонение	0,089	0,055	0,072	0,062	0,063	0,056	0,039	0,037	0,006	0,006	0,006	0,006

Результаты средних значений и среднеквадратичных отклонений испытаний относительного удлинения на разных испытательных разрывных машинах приведены на рис. 4, 5.

Чтобы оценить влияние оператора на результаты испытаний, используем карты Шухарта (рис. 6–8).

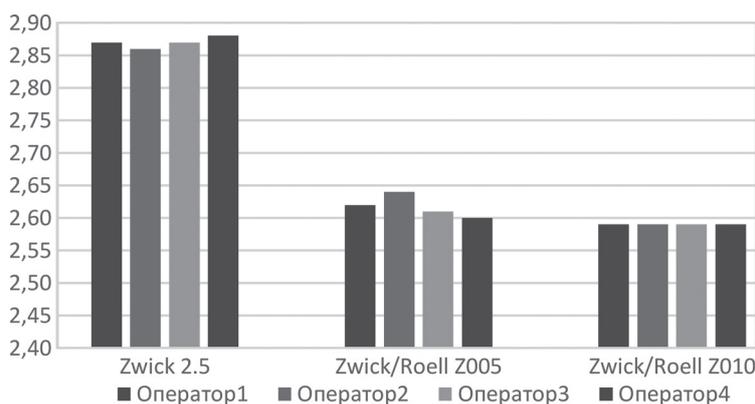


Рис. 4. Гистограммы средних значений испытаний относительного удлинения на разных испытательных машинах

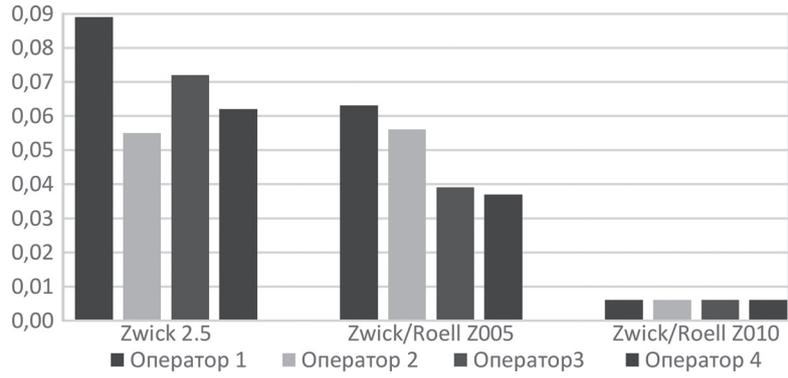


Рис. 5. Гистограммы средних квадратичных отклонений испытаний относительного удлинения на разных разрывных машинах

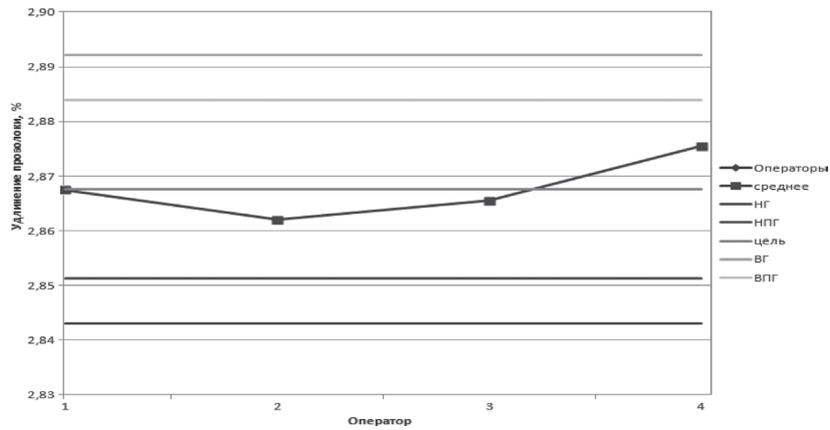


Рис. 6. Результаты обсчета по картам Шухарта при работе оператора на разрывной машине Zwick 2.5

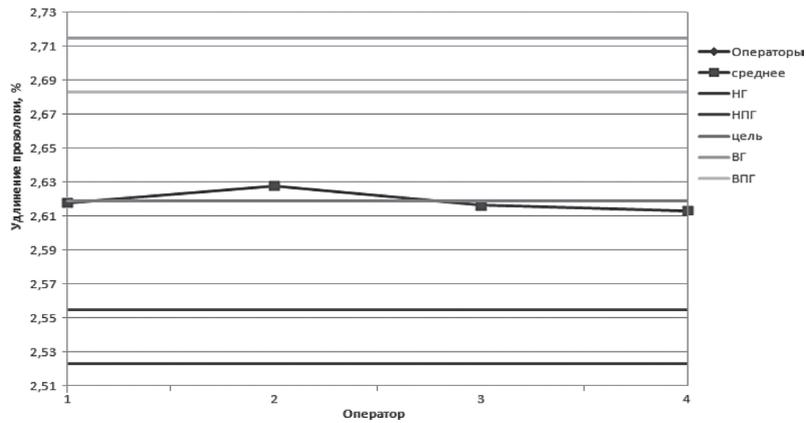


Рис. 7. Результаты обсчета по картам Шухарта при работе оператора на разрывной машине ZWICK/Roell Z005

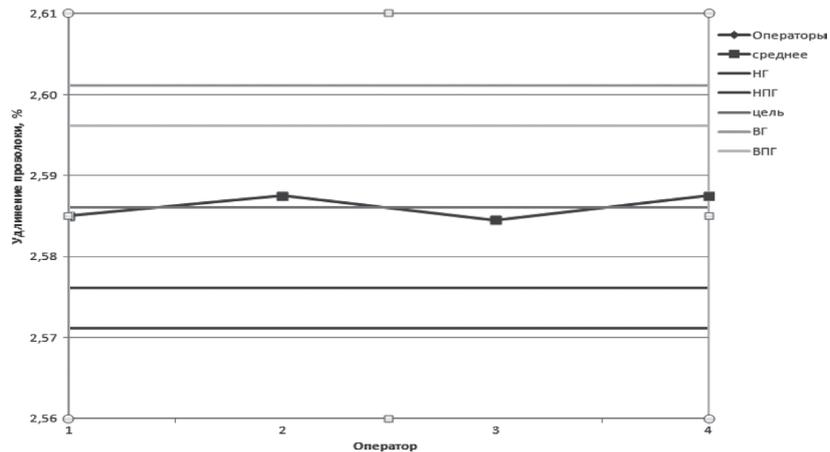


Рис. 8. Результаты обсчета по картам Шухарта при работе оператора на разрывной машине Zwick /Roell Z010

### Выводы

Чем больше факторов влияет на условия проведения испытания, тем выше среднеквадратичное отклонение результатов:

- на разрывной машине Zwick 2.5 самое большое СКО результатов испытаний и высокое среднее значение;
- на разрывной машине Zwick /Roell Z005 видно уменьшение СКО и среднего значения;
- на разрывной машине Zwick /Roell Z010 наблюдается самое минимальное СКО, что свидетельствует о стабильности полученных данных;
- минимальное влияние оператора на испытания наблюдается при работе на разрывной машине Zwick /Roell Z010, что подтверждается при обсчете данных по картам Шухарта. Самое большое влияние оператора на результаты испытаний оказалось на разрывной машине Zwick 2.5.

Испытательная лаборатория должна вести учет всех факторов, влияющих на правильность и достоверность испытаний, и учитывать их при выборе используемого оборудования. Оборудование должно обеспечивать необходимую точность и соответствовать техническим требованиям выполняемых испытаний, поэтому испытательная лаборатория ОАО «БМЗ» перешла на испытания относительного удлинения при разрыве проволоки РМЛ на машине Zwick/Roel Z010, которая оснащена экстензометром и пневматическим модулем управления.