

А.М. Игнатова, А.Ф. Мерзляков, А.М. Ханов

Пермский государственный технический университет

МЕТОДИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛА МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ НА СЖАТИЕ ЛИТЫХ ОБРАЗЦОВ СИНТЕТИЧЕСКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ СПЛАВОВ

Рассматривается принцип проведения механических испытаний с использованием современного оборудования, оснащенного программным обеспечением на примере установления механических свойств симиналов (синтетических минеральных сплавов). Результаты, полученные в ходе испытаний, анализируются с точки зрения применимости данного метода в дальнейших исследованиях.

Свойства, присущие тому или иному материалу, могут быть разделены на несколько групп в соответствии с тем, каким образом они характеризуют поведение этого материала в различных условиях. Выделяют следующие группы свойств: физические, механические, химические, электрические, магнитные и технологические. При выборе материала для изготовления определенной детали или изделия прежде всего обращают внимание на свойства той группы, которые наиболее полно характеризуют поведение этого материала в условиях, близких к условиям предстоящей работы. Однако практически всегда важную роль играют механические свойства материала, так как все детали и изделия в той или иной степени испытывают на себе физическое воздействие (нагрузку) и вынуждены сопротивляться ему, а данная группа свойств как раз и дает конструктору представление о том, какие максимальные значения и каких видов нагрузок может выдержать изделие из данного вида материала.

Среди механических свойств базовыми являются предел прочности на сжатие, на растяжение и на изгиб: в зависимости от их величины и разницы величин геометрических параметров образцов до и после испытаний можно судить не только о прочностных, но и о таких характеристиках материала, как модуль упругости, относительная деформация и т.д.

Существуют стандартные методы проведения механических испытаний материалов, но, как правило, они направлены на изучение конкретного материала (металлы, полимеры и т.д.), а значит, не учитывают нюансов, возникающих при их применении в отношении образцов из специфичных или новых видов материалов. Кроме того, классические методики не подразумевают использования современного испытательного оборудования с новым программ-

ным оснащением. В связи с этим возникает необходимость уделить особенное внимание современным методам и соответствующему оборудованию с программным цифровым оснащением для проведения механических испытаний.

С этой целью в настоящей работе рассмотрена как пример методика по установлению предела прочности на сжатие нового материала, относящегося к синтетическим минеральным сплавам (симинала), с помощью современного оборудования.

В качестве оборудования использовалась универсальная испытательная машина (УИМ) марки Zwick – Z250 (Германия). Эта установка позволяет проводить классические испытания на растяжение, сжатие, изгиб и скручивание в форме механического нагружения, создаваемого электромеханическим приводом, с плавным, статическим, нарастающим или сменным протеканием. В процессе испытаний фиксируются значения подаваемой нагрузки, момент инерции, величина деформации и продолжительность испытаний, причем для получения данных испытаний нет необходимости доводить образец до разрушения. Управление ходом испытаний и фиксирование их результатов производится с помощью персонального компьютера, синхронизированного с установкой.

Общий вид и схема установки УИМ Zwick – Z250 представлены на рис. 1 и 2, а технические характеристики приведены ниже.

Показатель	Величина
Наибольшая предельная нагрузка, кН	250
Пределы допускаемой относительной погрешности силоизмерителя, %	±1
Максимальная скорость перемещения траверсы, мм/мин	600
Высота нижнего рабочего пространства без захватов, мм	1720
Высота верхнего рабочего пространства без захватов, мм	1678
Ширина рабочего пространства, мм	630

Образцы для проведения испытаний с помощью установки Zwick – Z250 могут быть любой формы, как предусмотренной стандартами, так и любой другой удобной для исследователя, в качестве образцов могут также выступать готовые детали и их элементы.

В данной работе в качестве образцов использовались бруски в форме параллелепипеда 18×12×15 мм, вырезанные из тела отливки, полученной из симинала при статической заливке расплава из горнблендита с подшихтовкой их хромовой руды в разовую песчаную форму.

Синтетические минеральные сплавы (симиналы) являются хрупкими материалами, это значит, что они работают на сжатие значительно лучше, чем на растяжение (у симиналов предел прочности на сжатие может более чем в 10 раз превосходить предел прочности на растяжение), поэтому механические испытания с помощью установки Zwick – Z250 проводились на сжатие.



Рис. 1. Общий вид УИМ Zwick – Z250

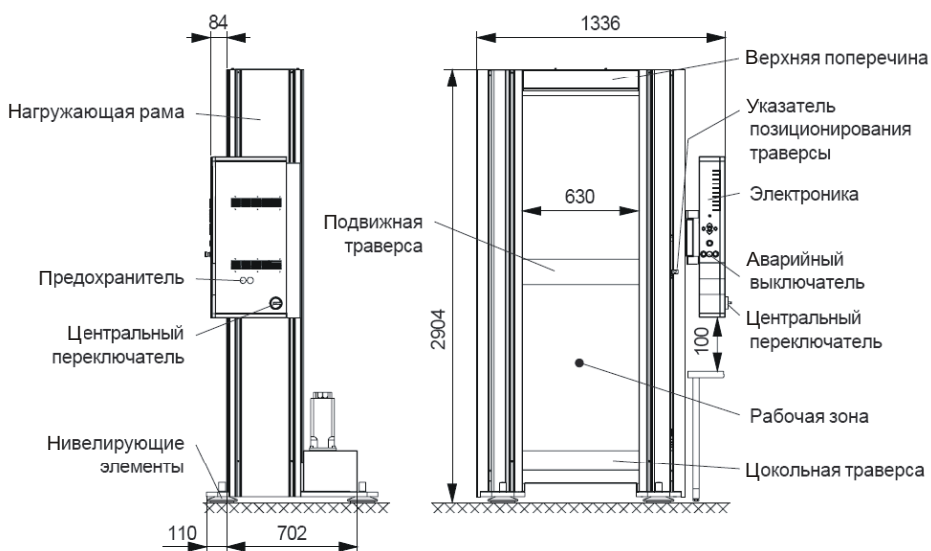


Рис. 2. Схематичный общий вид УИМ Zwick – Z250

Как известно, результаты испытаний на сжатие зависят от формы и размеров образца, от качества его подготовки, а также от условий проведения эксперимента. На практике трудно добиться приложения сжимающей силы точно по оси образца, кроме того, в случае проведения испытаний образцов из симиналов в начале приложения нагрузки она работает на компенсирование внутренних напряжений, и только потом образец начинает проявлять сопротивление нагрузке. При сопротивлении нагрузке в поперечных сечениях образца возникают нормальные напряжения, которые проявляются в виде изменения площади поперечного сечения, поэтому в процессе испытаний изменение площади сечения образца должно постоянно фиксироваться, так же как и его длина.

Все изменения, происходящие в ходе испытания, а также все входные и выходные значения фиксируются и обрабатываются с помощью универсального программного обеспечения TestXpert, которое входит в комплектацию установки. Данное программное обеспечение имеет достаточно простой интерфейс: пользователь получает готовый шаблон испытания, в который вводятся лишь переменные параметры. В зависимости от требований программы испытаний делятся на три типа:

- стандартные. Они ориентируются, как правило, на один из определенных часто используемых стандартов (DIN, EN, ISO, ASTM и т.д.). Процесс испытания уже регламентирован в стандарте. Необходимо только задать специфические характеристики испытания (например, размеры образца, скорость и т.д.);

- универсальные. В отличие от стандартных, эти программы не ориентируются на один специфический стандарт. В универсальной программе испытания можно задавать процесс испытания (например, испытание на растяжение) и выбирать необходимые параметры в соответствии с требованиями. Проведенная на основе универсальной программы испытаний конфигурация сохраняется как стандартная программа испытаний. Благодаря этому сама универсальная программа испытаний остается неизменной для дальнейших конфигураций;

- специальные. Программы, созданные на основе особых параметров, не используемых в предложенных.

Всю необходимую информацию для подготовки и проведения испытаний, а также полученные результаты можно сконцентрировать в одном окне, а можно распределить в нескольких макетах (вкладках). Для оценки результатов испытаний и их подготовки предусмотрено три макета:

- «Изображение серии» (рис. 3, а). В нем представлено графическое отображение диаграмм нагружения, таблица результатов и таблица статистики всех образцов;

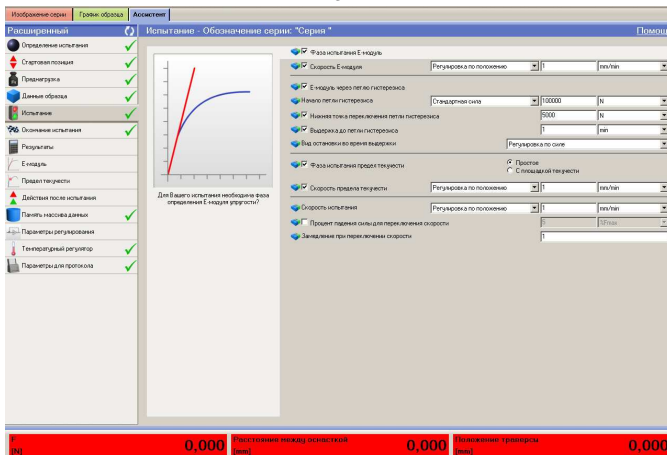
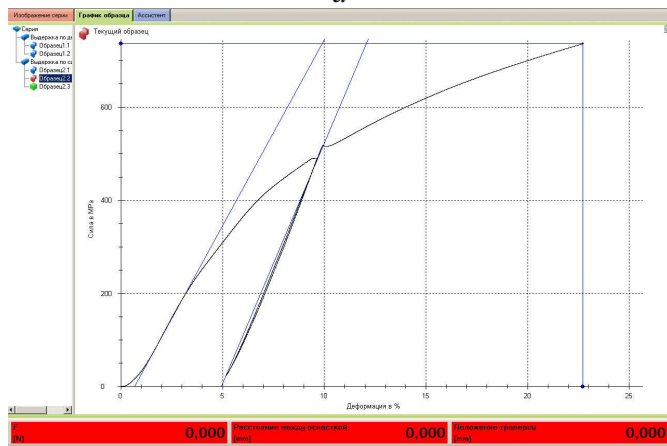
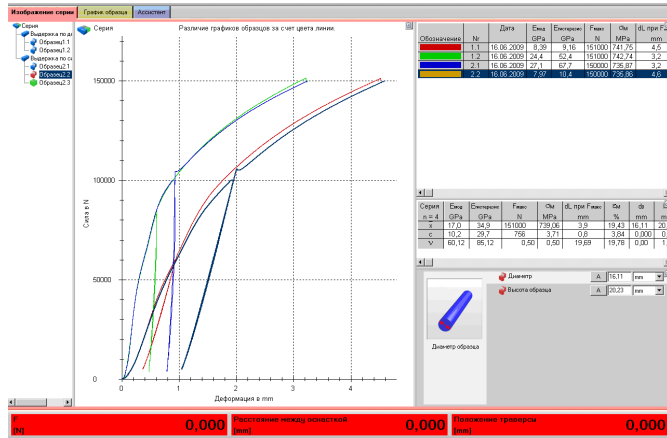


Рис. 3. Внешний вид макетов: а – «Изображение серии», б – «График образца», в – «Ассистент»

- «График образца» (рис. 3, б). В нем представлено графическое отображение диаграммы нагружения одного образца;
- «Ассистент» (рис. 3, в). Макет, позволяющий задавать параметры собственных испытаний.

Для отображения хода испытаний предусмотрен макет «Процесс испытания» (рис. 4), в котором можно обрабатывать существующие процессы испытаний или создавать собственные графически. Кроме того, можно создавать новые макеты и располагать в них необходимую информацию. Для каждого из макетов (и стандартных, и специально созданных) можно выбирать различное содержание – различные элементы экрана, такие как поле графика, таблица результатов, таблица параметров, таблица статистики, ввод параметров, поле текста, дерево образцов и другие, также можно создавать свои элементы.

Для удобства обработки и дальнейшего использования результатов все полученные данные испытаний могут передаваться в общераспространенные офисные редакторы.

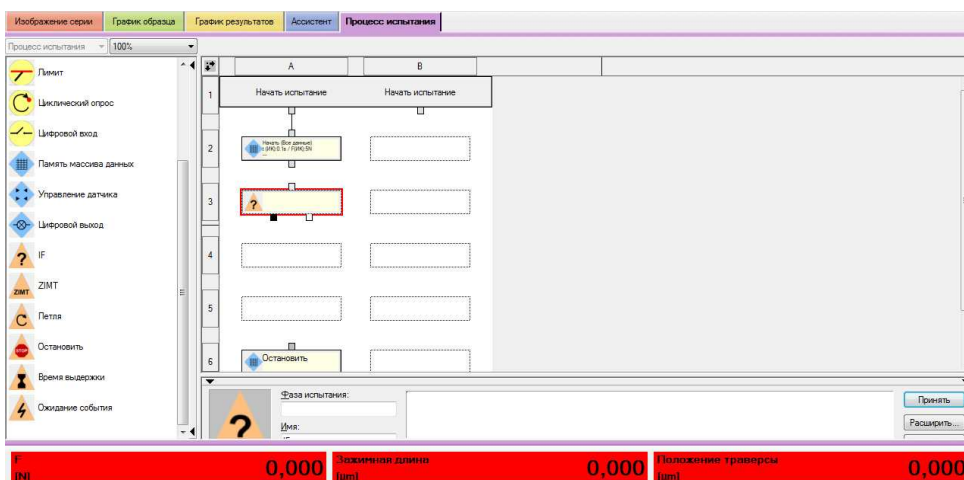


Рис. 4. Внешний вид макета «Процесс испытания»

Результаты испытаний традиционно выражают в виде диаграммы сжатия, в координатах которых обычно заложено две характеристики материала, чаще всего это величина нагрузки и величина деформации. Такая диаграмма входит в состав технического отчета об испытаниях, автоматически формируемого программным обеспечением. Внешний вид отчета, полученного при проведении испытаний образцов симинала, представлен на рис. 5.

От начала координат диаграмма не имеет отчетливо выраженного прямолинейного участка. С ростом нагрузки кривизна диаграммы практически не увеличивается, а при достижении пика образец резко разрушается, на диаграмме это видно как изменение траектории линии на строго вертикальную.

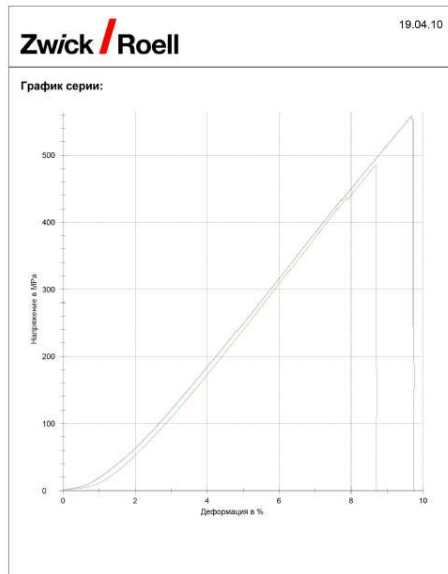
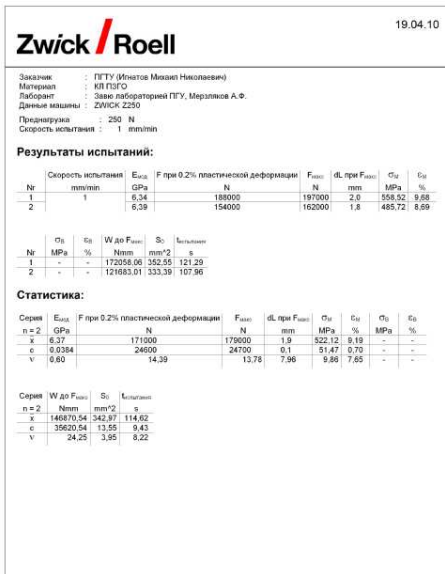


Рис. 5. Внешний вид технического отчета

Разрушение образца происходит не так, как у металлов: сердцевина образца остается, а все остальное рассыпается практически в порошок. Объясняется это и тем, что структура материала крайне неоднородна и сердцевина, как правило, менее напряженная и более кристалличная, и тем, что материал крайне твердый.

Программное обеспечение, с помощью которого автоматически формируется отчет, полностью отображает все зафиксированные данные и производит их статистическую обработку. Укрупненный вид таблицы с результатами представлен на рис. 6.

Следует обратить внимание, что отчет содержит не только полученные выходные, но и входные данные, а именно преднагрузку, которая в нашем случае составляет 250 Н, и скорость проведения испытания (скорость перемещения давящих зажимов), в нашем случае составляет 1 мм/мин.

В таблице с результатами показываются не только выходные данные, зафиксированные датчиками установки, но и расчетные величины, значения которых вычисляются автоматически:

- E_{mod} – величина расчетного модуля упругости;
- F при 0,2 % пластической деформации – величина нагрузки, при которой материал испытывает упругие деформации;
- F_{max} – нагрузка в точке разрушения;
- dL при F_{max} – изменение размера образца при максимальной нагрузке;
- σ_M – предел прочности на сжатие;

Преднагрузка	: 250 N	
Скорость испытания	: 1 mm/min	

Результаты испытаний:

Nr	Скорость испытания mm/min	E_{mod} GPa	F при 0.2% пластической деформации N	F_{max} N	dL при F_{max} mm	σ_M MPa	ϵ_M %
1	1	6,34	189000	197000	2,0	558,52	9,68
2		6,39	154000	162000	1,8	485,72	8,69

Nr	σ_B MPa	ϵ_B %	W до F_{max} Nmm	S_0 mm ²	$t_{испытания}$ с
1	-	-	172058,06	352,55	121,29
2	-	-	121663,01	333,39	107,96

Статистика:

Серия	E_{mod} GPa	F при 0.2% пластической деформации N	F_{max} N	dL при F_{max} mm	σ_M MPa	ϵ_M %	σ_B MPa	ϵ_B %
n = 2								
\bar{x}	6,37	171000	179000	1,9	522,12	9,19	-	-
s	0,0384	24600	24700	0,1	51,47	0,70	-	-
v	0,60	14,39	13,78	7,96	9,86	7,65	-	-

Серия	W до F_{max} Nmm	S_0 mm ²	$t_{испытания}$ с
n = 2			
\bar{x}	146870,54	342,97	114,62
s	35620,54	13,55	9,43
v	24,25	3,95	8,22

Рис. 6. Таблица с результатами

- ϵ_M – величина деформации при сжатии;
- σ_B – предел прочности при разрушении;
- ϵ_B – величина деформации при разрушении;
- W до F_{max} – работа силы, или энергия, затраченная на разрушение;
- S_0 – площадь сечения образца;
- t – время испытания.

Небольшие отклонения на диаграмме, а именно наличие пиков до разрушения, свидетельствуют о недостаточно подготовленной поверхности образца, наличии на ней ступенчатых следов среза, что характеризует метод как крайне чувствительный и в высокой степени достоверный.

Таким образом, подробно рассмотрена методика проведения механических испытаний на современном оборудовании с программным обеспечением, рассмотрены ее технические и исследовательские возможности, оценены результаты – как с точки зрения полноты результатов, так и с точки зрения точности на крайне хрупком материале с неравномерной структурой. Результаты, приведенные в работе, позволяют рекомендовать данный метод для дальнейшего исследования механических свойств литых образцов симиналов всех разновидностей.

Получено 11.05.2010