

О ВЗАИМОСВЯЗИ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДЛИТЕЛЬНОГО РАЗРУШЕНИЯ, УСТАНОВЛИВАЕМЫХ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ГЛАДКИХ И НАДРЕЗАННЫХ ОБРАЗЦОВ

© 2006 В.В. Кривенюк, М.И.Егорова, Е.И. Усков

Институт проблем прочности им. Г.С. Писаренко НАНУ, г. Киев

Показано, что опыт обработки с помощью метода базовых диаграмм большого количества экспериментальных данных о длительной прочности жаропрочных сталей и сплавов при испытаниях гладких образцов может эффективно использоваться при соответствующей обработке результатов испытаний образцов с надрезами.

Результаты многих исследований влияния надреза на закономерности длительного разрушения жаропрочных сталей и сплавов довольно противоречивы. В общем надрез может вызывать упрочнение или разупрочнение. Предсказание того или иного эффекта остается сложной задачей. В данном случае предпринимается попытка обосновать, что для успешного её решения необходим переход к соответствующим системным исследованиям. При этом следует исходить из того, что рассматриваемая задача возникает при различных условиях нагружения, включая статические и циклические, соответственно требуют уточнений силовые, деформационные, энергетические критерии разрушения. В данном случае, прежде всего, обосновывается целесообразность системного анализа особенностей закономерностей длительного разрушения при испытаниях образцов гладких и с надрезами с помощью метода базовых диаграмм (МБД) [1, 2].

Метод основан на использовании уравнения базовых диаграмм в виде

$$\lg \sigma'_t = \lg \sigma_1 - \frac{3,6 - \lg \sigma_1}{12} (\lg t + 0,1 \lg^2 t), \quad (1)$$

где σ'_t – текущее напряжение по базовой диаграмме, МПа; σ_1 – напряжение, которое приводит к разрушению в течение одного часа, t – время до разрушения, ч.

Это уравнение предназначено для оценки и учета возможных отклонений отдельных участков экспериментальных диаграмм от соответствующих участков базовых диаграмм в виде

$$\beta_y = \frac{\sigma_{\alpha t} - \sigma_{t_y}}{\sigma_{\alpha t} - \sigma'_t} = \frac{\Delta \sigma_{t_y}}{\Delta \sigma'_t}, \quad (2)$$

где $\sigma_{\alpha t}$ – координата общей исходной точки сравниваемых участков; σ_{t_y} , σ'_t – координаты правых границ сравниваемых участков экспериментальной и базовой диаграмм; $\Delta \sigma_{t_y}$ и $\Delta \sigma'_t$ – понижения длительной прочности по экспериментальной и базовой диаграммам за одно и то же время от αt до $t = t_y$.

Если в формулу (2) вместо σ_{t_y} подставить искомое напряжение, то получим формулу для его прогнозирования в виде

$$\sigma_t = \sigma_{\alpha t} - \beta(\sigma_{\alpha t} - \sigma'_t) = \sigma_{\alpha t} - \beta \Delta \sigma'_t. \quad (3)$$

Формулы (1) и (2) дают возможность представлять информацию об отдельных участках экспериментальных диаграмм точками с координатами (β_y , $\sigma_{\alpha t}$) в системе координат β_y — $\sigma_{\alpha t}$. Это облегчает сравнительный анализ больших массивов экспериментальных данных и создает благоприятные условия для перехода к качественно новому их системному анализу. Важными элементами такого анализа являются оценки и учет для различных групп материалов характеристик β , β_y , Δ_1 , Δ_2 , S_1 , S_2 , где

$$\Delta_1 = \lg t - \lg t_y, \quad (4)$$

$$\Delta_2 = \frac{\sigma_t - \sigma_{t_y}}{\sigma_{t_y}}, \quad (5)$$

$$S_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_m)_i}{n-1}} \quad (6)$$

и соответственно S_1 рассчитывается при $m = 1$ и подстановке значений Δ_1 , а S_2 – при $m = 2$ и подстановке значений Δ_2 .

Анализ выполненных больших объемов прогнозирования на один порядок по логарифмической шкале времени привел к выводу, что при выполнении неравенства

$$\beta - 0,3 \div 0,4 < \beta_3 < \beta + 0,3 \div 0,4, \quad (7)$$

в свою очередь, прогнозирование с помощью МБД выполняется при условии

$$S \leq 0,1 \dots 0,12. \quad (8)$$

В результате обобщенного анализа данных об испытаниях гладких образцов было установлено, что при исследовании сплавов с твердорастворным упрочнением можно ориентироваться на значения $\beta = 1 \dots 1,3$, а сплавов с дисперсным упрочнением – на $\beta = 1,4 \dots 1,7$. При этом следует подчеркнуть, что в выполненных исследованиях не было выявлено значений $\beta_3 > 2,2 \dots 2,3$.

К настоящему времени объем испытаний гладких образцов намного больше объема испытаний образцов с надрезами. Соответственно закономерности длительного разрушения, устанавливаемые при испытаниях образцов с надрезами, изучены менее подробно. В связи с этим целесообразно выяснить, в какой мере отмеченные обобщения в результате исследований гладких образцов применимы и для исследований надрезанных. Об особенностях исследований в первом приближении можно судить по приведенным в таблице 1 результатам анализа данных [3] о длительной прочности гладких образцов из стали X18H10T, которые включают 36 диаграмм длительной прочности (ДДП), полученных при четырех уровнях температур и длительности испытаний до 100000 ч. Для определения, например, значения β_3 в строке 1 таблицы 1 по формуле (2) сначала в формулу (1) вместо σ'_t и t подставляются значения $\sigma_{\alpha t}$ и αt , в результате чего получаем уравнение с одним неизвестным и определяем $\lg \sigma_1$. После этого с помощью (1) при установленном $\lg \sigma_1$ определяем σ'_t для значения $t = t_3$, которое подставляется в (2) при соответствующих значениях $\sigma_{\alpha t}$ и σ_{t_3} в строчке 1 таблицы 1. Таким же образом определяются σ'_t по $\sigma_{\alpha t}$ при прогнозировании σ_t с помощью формулы (3). Результаты расчетов в таблице 1 приводят к выводу, что при значении $\beta = 1,2$ выполняется неравенство (7), а прогнозирование с помощью формулы (3) при использовании единственного значения $\beta = 1,2$ обеспечивает $S < 10\%$, что согласуется с (8).

Анализ данных, полученных при испытаниях большой длительности, свидетельст-

вует о целесообразности выделения четырех временных интервалов – $10^3 \dots 10^4$, $10^4 \dots 10^5$, $10^5 \dots 2 \times 10^5$, $2 \times 10^5 \dots 3 \times 10^5$ ч с использованием для каждого из них характеристик $\beta = \beta_1$, $\beta = \beta_2$, $\beta = \beta_3$, $\beta = \beta_4$. Была также установлена зависимость

$$\beta_n = \beta_{n-1} + \Delta\beta_n \quad (9)$$

и возможность ее предварительной конкретизации в виде

$$\Delta\beta_n = 0,2. \quad (10)$$

Таблица 1. Данные [3] о длительной прочности стали X18H10T и результаты обработки по МБД

№ участка	$\sigma_{\alpha t}$, МПа	σ_{t_3} , МПа	αt , ч	t_3 , ч	Δ_1 , %	β_3
1	137	78	9970	93460	13,0	1,45
2	157	88	5860	68390	11,7	1,41
3	157	88	8760	76760	18,6	1,57
4	196	137	12700	124614	-4,2	1,09
5	196	137	8340	98840	-7,7	1,02
6	196	137	6090	69700	-7,0	1,03
7	196	108	3281	70000	4,2	1,26
8	196	118	4500	95000	-4,5	1,12
9	137	83	8770	105080	0,6	1,21
10	137	83	8151	104059	-0,8	1,18
11	137	83	5435	84000	-5,0	1,11
12	108	53	5357	62617	20,4	1,50
13	108	53	6049	76320	18,2	1,46
14	137	61	2672	60626	18,4	1,41
15	108	69	9379	103324	-6,2	1,08
16	108	61	9607	89470	10,4	1,39
17	108	61	9660	128350	1,4	1,22
18	78	47	10762	110550	-3,6	1,14
19	78	47	10400	121860	-6,9	1,09
20	78	47	6070	82415	-10,4	1,04
21	61	33	6676	70249	2,9	1,24
22	61	33	9150	83540	7,0	1,31
23	78	47	4576	63980	-11,1	1,03
24	78	47	5160	64370	-8,3	1,06
25	78	37	5672	145970	-4,9	1,15
26	61	37	19458	145970	0,7	1,21
27	78	47	5188	90560	-16,4	0,96

Примечание. Здесь $\beta = 1,2$; $S = 10,1\%$; $n = 27$.

Сначала таким образом обрабатывались данные [4] о длительной прочности для шести металлов и сплавов при 500°C , полученные при испытаниях гладких и надрезанных образцов длительностью до 300000 ч.

В первых строках данных для отдельных образцов таблицы 2 приведены экспериментальные данные, а во вторых строках исходные данные и результаты прогнозиро-

вания σ_{10^5} , $\sigma_{2 \times 10^5}$, $\sigma_{3 \times 10^5}$ по σ_{10^3} и σ_{10^4} с учетом соотношений (7) и (8). На основе σ_{10^3} и σ_{10^4} с помощью формулы (2) рассчитываются значения $\beta = \beta_1 = \beta_3$. Затем по формулам (7) и (8) вычисляются β_2 , β_3 , β_4 . И, наконец, по $\sigma_{10^4} - \sigma_{10^5}$ при $\beta_2 = \beta_1 + 0,2$, по $\sigma_{10^5} - \sigma_{2 \times 10^5}$ при $\beta_2 = \beta_1 + 0,2$. Аналогично определялось значение $\sigma_{3 \times 10^5}$. Величина S в результате такого прогнозирования оказалась равной 13,4% (таблица 2).

Характерные особенности длительного разупрочнения в пределах отдельного участка ДДП определяются значениями β_3 , $\Delta\beta_n$ и Δ_2 . При $\beta_3 = 1$, согласно формуле (2), понижение длительной прочности по экспериментальной и базовой диаграммам за сопоставимое время одинаковое, при $\beta_3 > 1$ наклон участка экспериментальной диаграммы больше, при $\beta < 1$ – меньше. Значения $\beta = \beta_3 = \beta_i$ устанавливались для каждого из временных интервалов $10^3 \dots 10^4$, $10^4 \dots 10^5$, $10^5 \dots 2 \times 10^5$, $2 \times 10^5 \dots 3 \times 10^5$ ч. В соответствии с (7), величина $\Delta\beta_n$ характеризует изменение угла наклона участка диаграммы при переходе от одного временного интервала к следующему.

По данным таблицы 2 максимальное значение $\Delta\beta_2$ для гладких образцов составляет 0,41, для надрезанных – 0,46, соответственно $\Delta\beta_3$ – 0,29 и 0,27; $\Delta\beta_4$ – 0,56 и 0,24. Отметим также, что по данным таблицы 2 максимальные значения $\Delta\beta_n$ оказываются сравнительно небольшими, и временная их зависимость сравнительно слабая. В целом значения β_3 (таблица 3, рис. 1.) для гладких образцов изменяются в пределах от 0,70 до 2,05; для надрезанных – от 0,87 до 1,89. На основе этого можно заключить, что при испытаниях образцов с надрезами даже при столь больших длительностях нагружения значения β_3 не выходят за установленные на основе анализа более 2000 ДДП обобщенные предельные их значения 2,2–2,3 для гладких образцов.

Метод базовых диаграмм позволяет использовать разные варианты анализа одних и тех же экспериментальных данных. Применение каждого из них может дать дополнительные полезные сведения об особенностях длительного разупрочнения. Например, в таблице 3 представлены результаты обра-

ботки тех же данных, что и в таблице 2. Здесь $\sigma_{от}$ и $\sigma_{тэ}$ – экспериментальные значения, т.е. координаты левой и правой границ отдельных участков экспериментальных диаграмм. Для прогнозирования длительной прочности по формуле (3) необходимо знать лишь значение постоянной β . Для его определения задан произвольный ряд значений β , например 1,5; 1,4; 1,3; 1,2; 1,1; 1,0. При каждом отдельном значении β для всех 38 участков (таблица 3) по данным о левой границе с помощью (3) прогнозировали данные правой границы, затем по формуле (5) рассчитывали значения Δ_2 , а по ним – S_2 .

По приведенным в таблице 3 данным для произвольно заданных β получены значения S_2 , равные 13,2; 11,7; 11,1; 12,2; 13,8%, по минимальному значению (11,1%) определено искомое значение $\beta = 1,3$. Как следует из данных рис. 1, значения β_3 выходят за рамки условия (8), тем не менее условие (7) выполняется. В таблице 2 из шести материалов первый сплав с твердорастворным упрочнением, остальные пять – с дисперсным упрочнением. Установленное значение $\beta = 1,3$ несколько ниже представленных выше общих значений $\beta = 1,4 \dots 1,7$ для дисперсно-упрочненных сплавов. При $\beta_3 = 1,3$ величина $\Delta_1 = 0$. При $\beta_3 < 1,3$ знак Δ_1 отрицательный, и наоборот.



Рис. 1. Результаты обработки данных, приведенных в таблице 3 [4] по МБД

Как следует из таблицы 3, максимальное значение Δ_1 для гладких образцов, составляет 15,9%, для образцов с надрезами – 25,7%. Именно положительные значения Δ_1 и соответственно отрицательная разность $\beta - \beta_3$ определяют больший наклон участков экспериментальных диаграмм длительной прочности. Эти данные свидетельствуют о дополнительной поврежденности за счет надреза.

Таблица 2. Длительная прочность жаропрочных сталей по данным [4]

№	Материал	Образец	σ_{10}^2	β_0	σ_{10}^3	β_1	σ_{10}^4	β_2	σ_{10}^5	β_3	σ_{2-10}^5	β_4	σ_{3-10}^5
1	Нелегированная сталь	Г	—	—	105,5	0,99	72	0,98	46,5	1,2	40	—	—
		Г	—	—	105,5	0,99	72	1,19	42	1,39	34,2	1,59	29,7
		Н	—	—	115	0,96	80	0,92	56	—	—	—	—
		Н	—	—	115	0,96	80	1,16	47,9	1,36	39,5	1,56	34,5
2	1,6Cr+ 1,28Mo+ 0,1V	Г	422	1,1	335	1,14	246	0,97	185	1,23	165	1,14	156
		Г	—	—	335	1,14	246	1,34	160,3	1,54	136,6	1,74	122,4
		Н	520	1,22	400	1,89	235	1,43	145	1,3	127	1,54	117
		Н	—	—	400	1,89	235	2	111	2	—	—	—
3	2,6Cr+ 0,26Mo+ 0,48V	Г	540	2	330	1,63	204	1,46	120	1,75	100	—	—
		Г	—	—	330	1,63	204	1,83	101,4	2,03	79	—	—
		Н	520	1,73	350	1,87	200	1,73	102	2	82	—	—
		Н	—	—	350	1,87	200	2	88	2	—	—	—
4	2,7Cr+ 0,51Mo+ 0,74V+ 0,48W	Г	460	0,46	420	0,97	334	1,38	228	1,8	197	—	—
		Г	—	—	420	0,97	334	1,17	243,2	1,37	215,5	—	—
		Н	470	0,88	384	1,58	250	1,3	163	—	—	—	—
		Н	—	—	384	1,58	250	1,78	135,5	—	—	—	—
5	20Cr+ 0,96Mo	Г	—	—	377	0,91	298	0,89	232	0,79	218	1,35	195
		Г	—	—	377	0,94	298	1,14	215	1,34	189,8	1,54	174,1
		Н	—	—	440	0,87	360	1,11	268	1,33	240	—	—
		Н	—	—	440	0,87	360	1,07	272,3	1,27	244,5	—	—
6	18Cr+ 8Ni+ 0,67Ti	Г	—	—	388	0,84	315	1	238	1,27	214	1,55	192
		Г	—	—	388	0,84	315	1,04	235,5	1,24	210,4	1,44	194,5
		Н	—	—	445	0,88	363	1	250	1,1	228	—	—
		Н	—	—	445	0,88	363	1,08	273,5	1,28	245,3	—	—

Примечание. Г — гладкий; Н — надрезанный; $\Delta\beta_n = 0,2$; $S = 13,4\%$.

В данном случае они определяются сравнительно высокими значениями β_n , равными 1,89; 1,87; 1,80; 1,77. Следует подчеркнуть, что для уточнения прогнозирования важно знать независимо установленные как значения $\Delta\beta_n$, так и β_n .

Обработка данных [5] о длительной прочности гладких и надрезанных образцов с радиусами надреза 1 и 5 мм, дает основание для вывода, что уменьшение радиуса надреза приводит к уменьшению значений β_n , что свидетельствует об усилении подкрепляющего эффекта.

В результате обработки данных [6] об испытаниях гладких и надрезанных образцов из одного и того же материала в вязком и хрупком состоянии было установлено, что для материала в вязком состоянии проявился подкрепляющий эффект концентратора, а для материала в хрупком состоянии сначала проявился подкрепляющий эффект, а затем наступило резкое разупрочнение. Это привело к тому, что в противоположность (8) и соответственно $\Delta\beta_n = 0,2$ для гладких образцов

из стали в вязком и хрупком состоянии эта величина оказалась значительно более высокой и составила 0,78 и 0,81, для надрезанных — соответственно 0,68 и 1,04. Столь высокие значения $\Delta\beta_n$ предопределяют переломы диаграмм длительной прочности и, соответственно, значительные трудности прогнозирования закономерностей длительного разрушения.

Упрочнение при надрезе, согласно [7], зависит от способности материала к деформационному понижению концентрации напряжений и соответственно поврежденности. В этой работе обосновывалась возможность изменять такую способность сплава (Cr, Ti, Al, Co) изменением термообработки. Два режима термообработки гладких и надрезанных образцов, непрерывные и с перерывами испытания на ползучесть при температуре 815°C, дополнительный комплекс исследований кратковременной прочности, ударной вязкости и твердости при комнатной температуре привели к следующим выводам.

Таблица 3. Результаты обработки данных [4] по МБД

№	$\sigma_{\alpha t}$, МПа	σ_{β} , МПа	αt , ч	$t\beta$, ч	$\lg(t/\alpha t)$	Δ_1 , %	β_3
Гладкие образцы							
1	105,5	72,0	1000	10000	1,000	-14,74	0,987
2	72,0	46,5	10000	100000	1,000	-15,92	1,008
3	46,5	40,0	100000	200000	0,301	-3,41	1,074
4	335,0	246,0	1000	10000	1,000	-4,97	1,143
5	246,0	185,0	10000	100000	1,000	-11,89	0,956
6	185,0	165,0	100000	200000	0,301	-1,23	1,18
7	165,0	156,0	200000	300000	0,176	-1,95	0,971
8	330,0	204,0	1000	10000	1,000	12,62	1,634
9	204,0	120,0	10000	100000	1,000	9,37	1,501
10	120,0	100,0	100000	200000	0,301	3,80	1,605
11	420,0	334,0	1000	10000	1,000	-9,18	0,958
12	334,0	228,0	10000	100000	1,000	1,80	1,352
13	228,0	197,0	100000	200000	0,301	2,85	1,588
14	377,0	298,0	1000	10000	1,000	-10,11	0,941
15	298,0	232,0	10000	100000	1,000	-12,30	0,908
16	232,0	218,0	100000	200000	0,301	-5,36	0,709
17	218,0	195,0	200000	300000	0,176	4,33	2,054
18	388,0	315,0	1000	10000	1,000	-12,10	0,854
19	315,0	238,0	10000	100000	1,000	-8,85	1,021
20	238,0	214,0	100000	200000	0,301	-0,99	1,195
21	214,0	192,0	200000	300000	0,176	3,97	1,989
Надрезанные образцы							
22	115,0	80,0	1000	10000	1,000	-15,18	0,965
23	80,0	56,0	10000	100000	1,000	-21,04	0,872
24	400,0	235,0	1000	10000	1,000	22,03	1,894
25	235,0	145,0	10000	100000	1,000	6,62	1,455
26	145,0	127,0	100000	200000	0,301	-0,45	1,26
27	127,0	117,0	200000	300000	0,176	-0,01	1,298
28	350,0	200,0	1000	10000	1,000	22,94	1,873
29	200,0	102,0	10000	100000	1,000	25,76	1,776
30	102,0	82,0	100000	200000	0,301	6,86	1,809
31	384,0	250,0	1000	10000	1,000	9,44	1,578
32	250,0	163,0	10000	100000	1,000	1,89	1,348
33	440,0	360,0	1000	10000	1,000	-11,10	0,867
34	360,0	268,0	10000	100000	1,000	-5,56	1,119
35	268,0	240,0	100000	200000	0,301	-0,09	1,29
36	445,0	363,0	1000	10000	1,000	-10,68	0,883
37	363,0	250,0	10000	100000	1,000	2,21	1,367
38	250,0	228,0	100000	200000	0,301	-2,18	1,06

Пластичность материала, упрочненного надрезом, постепенно возрастала по мере увеличения воздействия ползучести, тогда как пластичность материала, разупрочненного при надрезе, уменьшалась после выдержки до 80 ч, а затем возрастала после дальнейшего воздействия ползучести до 280 ч.

В целом комплекс исследований показал, что две термообработки приводят к заслуживающим уточненного анализа изменениям по мере увеличения времени ползуче-

сти характеристик ударной вязкости, твердости, пределов текучести и прочности.

В первом приближении результаты этих исследований согласуются с временными изменениями влияния надрезов на упрочнение. Вместе с тем данные [7] свидетельствуют о необходимости более точной оценки роли надрезов, для обеспечения которой необходим переход к более тщательному анализу закономерностей пластического деформирования и соответствующего развития поврежденности.

В ряде работ обосновывается, что закономерности процесса разупрочнения в зоне надреза при учете концентраторов напряжений и деформаций можно рассматривать как близкие к процессам разупрочнения в гладком образце. Это дает основание утверждать о целесообразности рассмотрения на общей основе закономерностей деформирования и разрушения при статическом и циклическом нагружении.

Научная и практическая важность таких представлений подтверждается результатами выполнения большого объема расчетных исследований с помощью уравнения

$$\varepsilon^{1-\gamma} \dot{\varepsilon}^{\gamma} = \left[\frac{\frac{\sigma}{\sigma'}}{\left(1 - \frac{r\varepsilon}{1+r\varepsilon} - \alpha\sigma^{1/3}\right) \left(1 + \frac{h}{\sigma^2} \varepsilon\right)^{n/2}} \right]^m, \quad (11)$$

где $\varepsilon, \dot{\varepsilon}$ – деформация и скорость пластической деформации, h – характеристика деформационного упрочнения, r, α – характеристики деформационного и временного разупрочнения, σ_0 условное напряжение, σ' – напряжение, при котором скорость пластической деформации равна 1, $\gamma = 0,1$, m, n – постоянные.

Предположения о том, что $\dot{\varepsilon} = 1$, временной поврежденностью можно пренебречь, привели к формуле для описания кривых статического растяжения в виде

$$\sigma = \frac{(\sigma_0^2 + h\varepsilon)^{1/2}}{1+r\varepsilon}, \quad (12)$$

где σ_T – предел текучести.

Формула (12) использовалась для описания мгновенного деформирования в виде

$$\sigma = \frac{(\sigma_y^2 + h_0\varepsilon_{0i})^{1/2}}{1+r\varepsilon_{0i}}, \quad (13)$$

где σ_y – предел упругости, ε_{0i} – пластическая составляющая деформации при нагружении, $h_{01} = h_0$ при $\sigma < \sigma_T$, $h_{02} = h_0$ при $\sigma > \sigma_T$.

Выполненные исследования с помощью уравнений (11)-(13) позволяют утверждать о целесообразности развития решения рассматриваемой проблемы на их основе.

Список литературы

1. Кривенюк В.В. Прогнозирование длительной прочности тугоплавких металлов и сплавов. — Киев: Наукова думка, 1990. - 248 с.
2. Писаренко Г.С., Кривенюк В.В. Новый подход к прогнозированию длительной прочности металлов // Докл. АН СССР. Механика. — 1990. — 312, № 3. - С. 558 — 562.
3. Data sheets on the elevated-temperature properties of 18Cr-10Ni-Ti stainless steel // NIRM. Tokyo. 1987. N5B. 32 p.
4. Diehl Herman, Granacher Jülich und Joachim. Ergebnisse aus Zeitstandversuchen bei 500 °C mit einer Beanspruchungsdauer bis über 300000 h // Archiv für das Eisenhüttenwesen, 1978. -N 7. -P. 299-303.
5. Хизумэ, Такэда, Ёкота и др. Новая сталь типа 12% Cr для роторов турбин применительно к температуре пара 593° C // Теоретические основы инженерных расчетов. Сер. Д -1988. -№ 3 -С. 55-67.
6. Devis D.C. An Approach to Predicting Long-Term Toughness, Strength, and Ductility of a Cr-Mo-V Steel Alloy Using Short-Term Tests // J. of Testing and Evaluation, JTEVA. - 1990. -Vol. 18. -N 4. -P. 286-291.
7. Gayter H. and Nutting J. "Influence of structure upon the notched creep strength of a nickel-base alloy" Creep Strengths in Steel and High-Temperature Alloys, 1972, pp. 189-195.

ON THE INTERRELATION OF THE REGULARITIES OF LONG-TERM FRACTURE ESTABLISHED IN TESTING OF SMOOTH AND NOTCHED SPECIMENS

©2006 V.V. Krivenyuk, M.I. Yegorova, and E.I. Uskov

G.S. Pisarenko Institute for Problems of Strength, of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

It is shown that the experience of processing the large amounts of experimental data on the long-term strength of heat-resistant steels and alloys using the method of base diagrams, which were obtained from testing of smooth specimens, can be used effectively for proper processing of test results for notched specimens.