

УДК: 621.78:669.15-194

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ПОЛУЧАЕМЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ САМОЛЕТНОГО ШАССИ ПРИ ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИХ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Ю. П. Гуль, к.т.н., доц., С. И. Буштрук, асп.

Национальная металлургическая академия Украины

1 Постановка задачи

Стабильность свойств готовых изделий, а особенно ответственных деталей самолетного шасси, всегда является существенным показателем качества используемой технологии обработки.

Так как при данном исследовании качество исходного сырья является заданным параметром, то степень стабильности получаемых свойств относительно требований стандарта отражает качество используемой технологии.

Это качество технологии, с другой стороны, может определяться, согласно источника [1], стабильностью технологического процесса, под которым понимается свойство обеспечивать постоянство распределения его параметров в течение некоторого времени без вмешательства извне.

Поскольку используемая технология обработки деталей шасси является многостадийной, то конечной целью исследования является определение той стадии, которая вносит определяющий вклад в стабильность получаемых свойств.

Целью настоящей работы является получение исходных данных об уровне стабильности механических свойств деталей самолетного шасси при используемой в настоящее время технологии их термической обработки. Эти данные в дальнейшем будут использованы для определения технологических операций, оказывающих наиболее заметное влияние на уровень стабильности.

2 Методика исследования

Проводился анализ технологии изготовления деталей из стали 03Н18К8М5Г-ВД поставляемой по ТУ 14-1-4479-88 [2] в виде кованых прутков. Исходными данными для проведения расчетов служили результаты испытаний химического состава и механических свойств завода-поставщика согласно сертификатов качества и результаты механических испытаний готовых изделий на базовом предприятии.

Оценивались и сравнивались различные по объему выборки, при этом был задан общий уровень надежности $\alpha=0,95$. Расчеты проводились с использованием методов математической статистики с определением характеристик распределения изучаемых массивов данных [3]. Согласно проверке на крите-

Строительство, материаловедение, машиностроение

рий Колмогорова-Смирнова, все изучаемые выборки могут подчиняться модели нормального распределения.

Оценивали «устойчивость» распределения в выборках. «Устойчивость» распределений различных параметров, тип которых был близок к нормальному, характеризовали отношениями с условиями:

$$L \min = \frac{Mo - НДП}{\sigma_x} \leq 3 \quad (1)$$

$$L \max = \frac{ВДП - Mo}{\sigma_x} \leq 3 \quad (2)$$

где Mo - модальное значение данного параметра;
 $НДП$ и $ВДП$ – нижний и верхний допустимые пределы параметра;
 σ_x – величина стандартного отклонения.

Распределение считалось «неустойчивым» с точки зрения возрастания вероятности несоблюдения стандарта, если вышеуказанные условия (1) и (2) соблюдались. При наличии двухсторонних ограничений «неустойчивость» или «устойчивость» распределения определялось их минимальным значением.

3 Результаты и их анализ

Для удобства сравнения требования нормативно-технической документации и результаты расчетов были помещены в сводную таблицу 1.

Таблица 1

Требования нормативно-технической документации и результаты статистического исследования контрольных параметров обрабатываемой продукции

№ п/п	Тип параметра	Параметр*, ед.	N	НДП	ВДП	min	max
1	Хим. состав, данные сертификатов	Ni, масс %	28	17,7	19	17,91	18,77
2		Co, масс %	28	7,5	8,5	7,76	8,48
3		Mo, масс %	28	4,2	5	4,38	4,85
4		Ti, масс %	28	0,2	0,4	0,21	0,4
5		Al, масс %	28	-	0,15	0,03	0,13
6	Мех. свойства, данные сертификатов	σ_B , МПа	112	1570	-	1570	1754
7		ψ пр, %	56	50	-	52,8	72,6
8		KCU пр, Дж/см ²	56	49	-	49,3	96,9
9		ψ пп, %	56	35	-	42,6	64,3
10		KCU пп, Дж/см ²	56	34	-	34,5	76,2
11	Мех. свойства, сдаточные испытания	σ_B , МПа	396	1568	1803	1334	1814
12		ψ пр, %	276	50	-	35	67,5
13		KCU пр, Дж/см ²	275	50	-	39,2	122,6
14		ψ пп, %	116	35	-	35	57
15		KCU пп, Дж/см ²	116	35	-	35	98,1

№ п/п	Mo	\bar{X}	σ	A	E	L_{min}	L_{max}
1	17,96	18,25	0,27	0,28	-0,46	1,15	4,60
2	8,02	8,07	0,17	0,24	0,25	3,03	2,79
3	4,59	4,62	0,10	-0,13	0,98	3,93	4,13
4	0,31	0,32	0,05	-0,21	-0,72	2,02	1,65
5	0,08	0,083	0,03	-0,33	-0,50	-	2,77
6	1678,2	1653,0	45,90	0,11	-0,65	2,36	-
7	64,3	63,62	3,34	-0,37	1,32	4,28	-
8	79,6	75,06	11,90	-0,43	-0,71	2,57	-
9	52,8	51,98	4,96	0,32	-0,12	3,56	-
10	41,7	54,98	10,76	-0,15	-0,81	0,72	-
11	1686,7	1658,8	84,38	-1,01	1,54	1,41	1,38
12	53,5	55,17	4,83	-0,95	3,18	0,73	-
13	73,5	78,05	16,37	0,05	-0,16	1,44	-
14	45	44,91	5,72	0,06	-0,86	1,75	-
15	49	55,11	14,87	0,73	-0,22	0,94	-

Примечание: «пр» и «пп» - индексы при значениях относительного сужения и ударной вязкости обозначают продольное и поперечное направление вырезки образцов относительно направления прокатки; N – общее количество замеров определенного параметра; НДП и ВДП – нижний и верхний допустимый пределы согласно нормативно-технической документации на поставку и требованиям при сдаточных испытаниях; min и max – минимальное и максимальное значение измеренного параметра; Mo – мода нормального распределения; \bar{X} – среднее значение в выборке; σ – выборочное среднее квадратическое отклонение; A и E – асимметрия и эксцесс распределения; L_{min} и L_{max} – критерии устойчивости нормального распределения относительно нижнего и верхнего допустимого предела соответственно.

Данные сертификатов по химическому составу и механическим свойствам сравнивались с требованиями технических условий на поставку полуфабрикатов (их допустимых пределов – ВДП и НДП) [2], а результаты сдаточных механических испытаний - с требованиями к готовым изделиям.

Анализ данных химического состава показал, что наименее устойчивым распределением характеризуются элементы никель и титан. Никель в этой системе легирования по своей функции может быть взаимозаменяем с кобальтом и поэтому его отклонение от оптимальных значений компенсируется, в то время как титан – основной упрочняющий элемент при старении и варьирование его содержания в плавке значительно влияет на режим термической обработки и конечные свойства изделий [4]. Важным критерием получения стабильных результатов обработки должно быть точное определение содержания титана в плавке.

При оценке статистической значимости различия однотипных параметров, было установлено, что выборки сходных значений прочности и ударной вязкости принадлежат одной генеральной совокупности и лишь показатели относительного сужения удовлетворили результатам проверки. Причиной такого различия могут служить разные режимы термической обработки. Более подробно особенности режимов термической обработки представлены в таблице 2.

Таблица 2

Особенности температурно-временных параметров технологии термической обработки

Технологическая операция	Завод-изготовитель полуфабрикатов			Базовое предприятие		
	T, °C	τ, ч	D _{заг.} , мм	T, °C	τ, ч	D _{заг.} , мм
Гомогенизация	1150±1200	1	15	1150±1200	4	135
Трехкратная закалка	930±950	1		930±950	2	
Низкотемпературная закалка	780±800	1÷3		770±790	2	
Старение	500±550	2÷8	10	490±510	3÷5	10

Примечание: T – температура выдержки; τ – длительность выдержки; D_{заг.} – диаметр заготовки под контрольные образцы.

Как видно, массивность заготовок проходящих серию закалок на базовом предприятии превышает такие же на заводе поставщике в 80 раз. Поэтому существуют большие различия в скорости изменения температурного поля заготовок разных размеров при нагревах и охлаждениях, изменяются длительности операций термической обработки. Это сказывается на различной степени рассеяния получаемых результатов. На рисунке 1 обобщенно представлены полученные значения контрольных замеров на заводе поставщике и базовом предприятии, степень рассеяния этих значений, выраженная в форме коэффициента вариации.

Во всех случаях степень рассеяния результатов получаемых на базовом предприятии гораздо выше чем на заводе поставщике. При статочных испытаниях обнаружены отклонения от допустимых пределов по значениям предела прочности, относительного сужения и ударной вязкости в продольном направлении вырезки образцов, которые составляют 10%, 5,8%, 2,9% соответственно. По данным сертификатов качества подобные отклонения отсутствуют,

однако теоретически возможны согласно оценки устойчивости распределения этих параметров (см. табл.1).

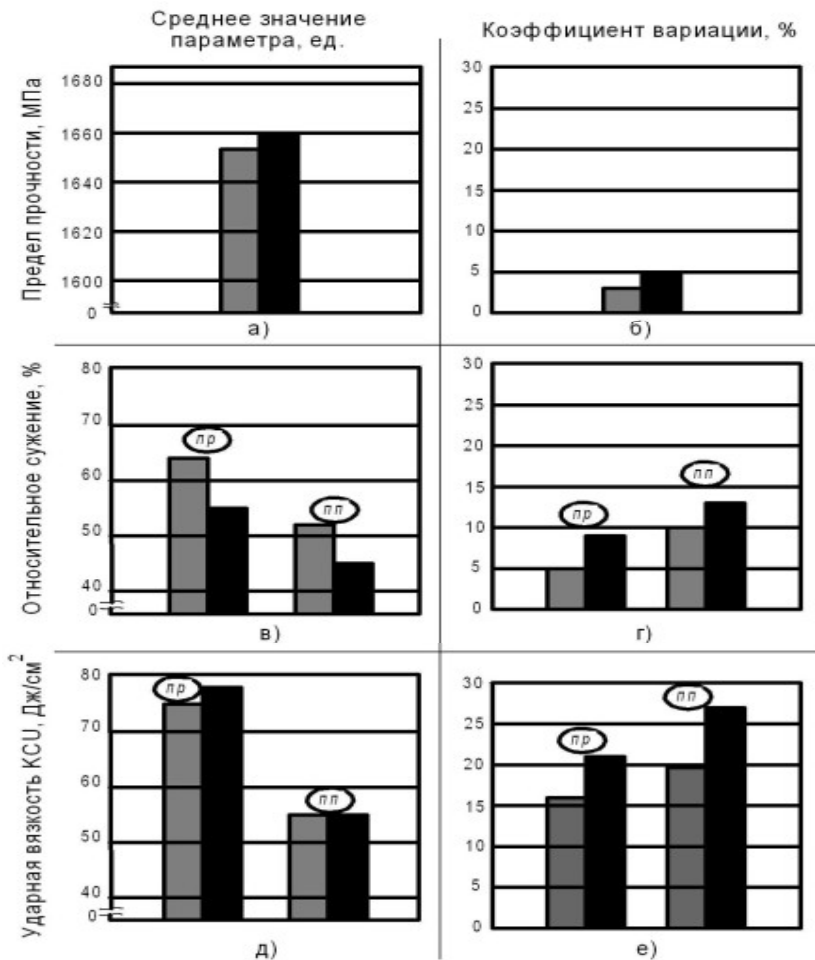


Рис.1. Сравнительные показатели средних значений (а,в,д) и коэффициентов вариации (б,г,е) результатов механических испытаний в продольном и поперечном направлениях (индексы «пр» и «пп» соответственно) на заводе поставщике (серый) и на базовом предприятии (черный).

Обобщенно вышесказанное представлено в виде сопоставленных гистограмм распределения на рисунке 2.

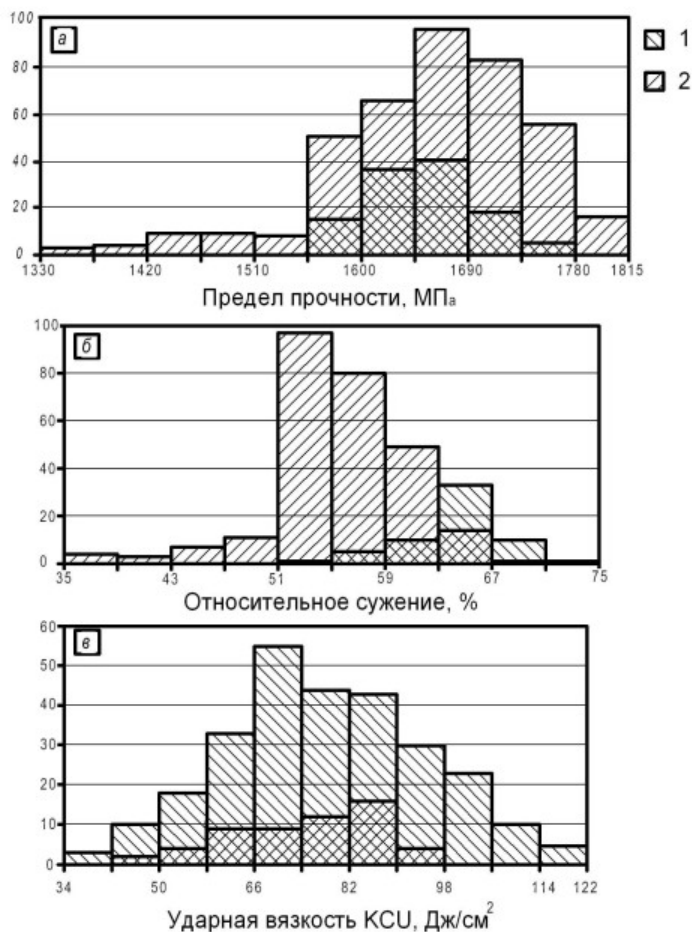


Рис. 2. Сопоставленные гистограммы распределения значений временно-го сопротивления разрушению (а), относительного сужения (б), ударной вязкости (в) продольных образцов по результатам испытаний на заводе поставщике (1) и при сдаточных испытаниях (2)

На рисунке 2 показано, что гистограмма распределения предела прочности при сдаточных испытаниях имеет значительные выпадения ниже допустимого предела, до 1330 МПа (см. табл.1). Подобная ситуация наблюдается и при рассмотрении гистограмм относительного сужения и ударной вязкости. Гисто-

граммы распределения значений предела прочности и ударной вязкости завода-поставщика по своему виду смещены в сторону минимальных значений, и выпадает теоретически возможны (по результатам оценки устойчивости распределения).

По данным последних работ [5,6,7] основное внимание сосредоточено на формировании особой структуры в ходе старения, что предусматривает возможность нахождения оптимума показателей прочности, пластичности и ударной вязкости.

Поэтому для повышения показателей механических свойств и увеличения устойчивости их распределения необходимы применение более прогрессивных методов обработки, с уточнением режимов и замена термического обораудования на использующее более прогрессивные методы нагрева.

4 Выводы

4.1. Контрольные характеристики механических свойств при сдаточных испытаниях во всех случаях смещены в сторону нижних допустимых пределов.

4.2. Во всех случаях совокупность механических характеристик при сдаточных испытаниях обладают большим размахом значений, а также большим рассеянием относительно совокупностей значений получаемых заводом-изготовителем полуфабрикатов.

4.3. Для повышения комплекса механических свойств и повышения стабильности получаемых результатов необходимы изменения в технологии с учетом рассмотрения возможности замены оборудования и методов упрочняющей обработки изделий.

Список использованных источников

1. Р 50-601-20-91 Рекомендации по оценке точности и стабильности технологических процессов (оборудования).М: ВНИИС, 1991. – 11 С.
2. ТУ 14-1-4479-88 / Прутки из стали 03Н18К8М5Т-ВД. Технические условия.- Действителен от 1988-12-01.-М.: ЦНИИЧМ, 1988. – 11 С.
3. Пинчук С.И. Организация эксперимента при моделировании и оптимизации технических систем: Учебное пособие.-Днепропетровск: ООО Независимая издательская организаци «Дива», 2008. – с.248.
4. Перкас М.Д., Кардонский В.М. Высокопрочные мартенситно-старееющие стали. М:Металлургия, 1970, 224 с.
5. Вылежнев В.П., Коковьякина С.А.Симонов Ю.Н. и др. Повышение характеристик надежности мартенситно-старееющей стали Н18К9М5Т путем создания структуры типа «нанотриплекс» // МиТОМ.–2010.–№11.–С.39-47.
6. Андреев Ю.Г. Остаточный аустенит в мартенситно-старееющей стали // Изв.Вузов: Черная Metallургия.–2007.–№9.–С.29-35.
7. Турилина В.Ю., Никулин С.А., Добаткин С.В. Усталостная прочность мартенситно-старееющей стали Н18К9М5Т с ревертированным аустенитом //Деформация и разрушение материалов.–2008.–№9.–С.20-26.