

Применение СВМ-генератора при термообработке металлов.

1. Возможность получения заданных свойств изделий из титана в процессе термообработки на примере листов из нелегированного титана марки ВТ1-0 (Ti-99%)

Технический титан ВТ1-0, Ti - 99%	Предел прочности, σ _в , МПа	Предел текучести, σ _{0,2} , МПа	Относительное удлинение, δ, %	Температура заковки, °С заковка в воду	Параметры СВМ- обработки
T.003	406		31,6	1000	без СВМ-обработки
ВТ1-0, справочные данные	375		30		
T.004	780		14	1000	Сe, Со, Nd, Ti, V, Y
ЗМ, справочные данные	785		12		
T.005.01	890	850	0,4	1000	Al, Mo, Ni, Ta
T.005.02	900	870	0,4	1000	Al, Mo, Ni, Ta
T.009.01	520	390	7	1000	Al, Mo, Ni
T.009.02	500	430	8	1000	Al, Mo, Ni
T.010.01	510	430	7	1000	Al, Mo, Ni, Zr
T.010.02	520	430	6	1000	Al, Mo, Ni, Zr
T.012.01	840	620	15	900	Al, Cu, Mo, Ni*
T.012.02	850	640	13	900	Al, Cu, Mo, Ni*
ВТ5, Ti-92%, Al-5%, Mo-1%, V-1%	715-930		6-10		
T.013.01	355	305	51	900	без СВМ-обработки
T.013.02	350	300	49	900	без СВМ-обработки
ВТ1-0, справочные данные	375		30		
T.014.02	830	560	18	900	Al, Cu, Mo, Ni*
T.015.01	850	690	11	900	Al, Be, Cu, Mo, Ni*
T.015.02	840	690	9	900	Al, Be, Cu, Mo, Ni*

- Стандартные заготовки листового титана ВТ1-0 подверглись закалке по схеме: нагрев до 1000°С (некоторые 900°С), выдержка 20 мин., закалка в воду.
- Образцы Т.004, Т.005, Т.009, Т.010, Т.012, Т.014, Т.015 во время выдержки при Т=1000°С подверглись обработке СВМ-генератором с целью увеличения механических свойств с использованием различных модификаторов и частот ЯМР этих металлов.
- Образцы Т.003, Т.013 СВМ-обработке не подвергались и соответствуют марке ВТ1-0.
- Получили:
 - Образец Т.004 по своим механическим характеристикам стал соответствовать марке ЗМ;
 - Образец Т.012 по своим механическим характеристикам стал соответствовать марке ВТ-5, но с улучшенной пластичностью на 30-50%;
 - Образец Т.014 по своим механическим характеристикам стал соответствовать марке ВТ-5, но с улучшенной пластичностью на 80%, или марке ОТ4, но с улучшенной прочностью на 25%;
 - Образец Т.015 по своим механическим характеристикам немного не дотянул до свойств марки ВТ20 на 10%.
- В дальнейшем готовы повысить механические характеристики титана ВТ23.
- Точно такие же результаты можно получить и при литье титана ВТ1-0.

2. Приведение в соответствие акустических свойств заготовок, отбракованных по наличию неметаллических включений.

Отчет № [REDACTED]-о от 03.02.2020 г.
о результатах опытной работы по влиянию СВМ-обработки на акустические свойства деталей [REDACTED] «Резонатор»

По результатам посещения ООО «Сталь-59», специализирующегося на обработке сплавов структурно-фазовым волновым магниторезонансным методом (СВМ) было принято решение о проведении совместной опытной работы по влиянию СВМ-обработки на структуру и свойства стали RS-08, применяемой для изготовления деталей [REDACTED] «Резонатор», изделие [REDACTED]

В связи с недопустимостью плавления опытных образцов особый интерес представляло влияние СВМ-обработки в процессе фазовых переходов и выдержки в γ -области. Для опытной работы были использованы 3 заготовки деталей [REDACTED] отбракованных по наличию неметаллических включений. Заготовки подвергали обработке по следующему режиму:

1. Нагрев до 980 °С
2. Выдержка с СВМ обработкой при 980 °С – 1,5 часа
3. Охлаждение – на воздухе

После обработки исследовали микроструктуру заготовок в сравнении с серийными (рис. 1).

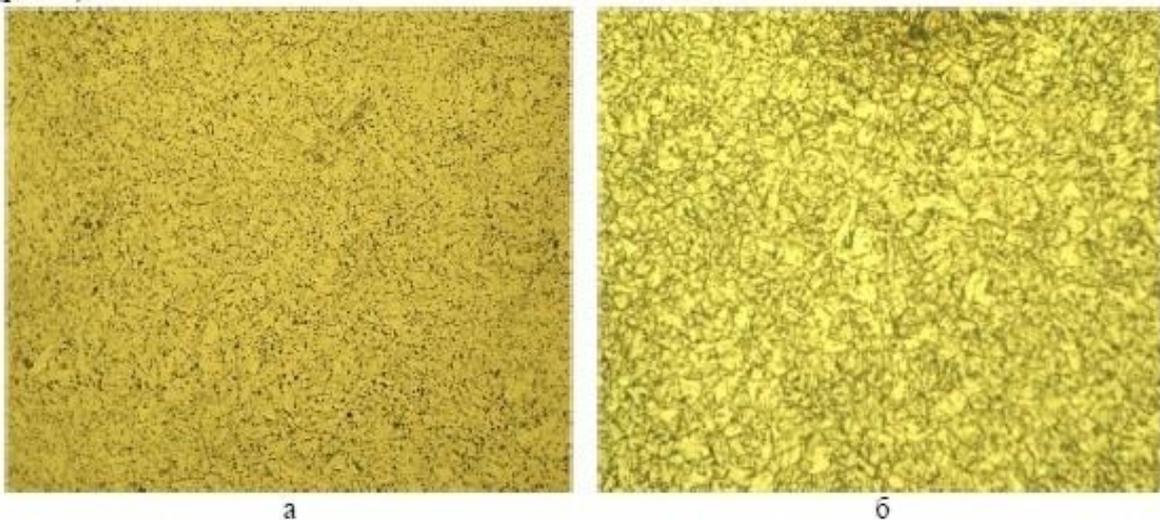


Рис. 1. Микроструктура стали RS-08 при увеличении $\times 500$ до (а) и после (б) СВМ-обработки. Участки точечного вытравливания (питтинга) в структуре стали RS-08 до СВМ-обработки указывают на преимущественное выделение вредных примесей по границам зерен. Примеси после СВМ-обработки распределены более однородно и были выявлены как по границам, так и внутри зерен. Средний размер зерна стали до (6,47 мкм) и после (6,42 мкм) СВМ-обработки существенно не изменился.

Опытные заготовки были обработаны по серийному технологическому процессу с партией заготовок деталей [REDACTED] «Резонатор». На полученных деталях были измерены акустические свойства (табл. 1).

Табл. 1. Акустические свойства серийных (№1-16) и опытных (№17-19) деталей
 «Резонатор»

№ п/п	№ резонатора	Резонансная частота, Гц		Разночастотность, Гц
		F1	F2	ΔF
1	1011 (серийный)	7097,72	7097,36	0,36
2	1069 (серийный)	7095,71	7095,44	0,27
3	1062 (серийный)	7094,25	7093,97	0,28
4	1097 (серийный)	7097,54	7097,36	0,18
5	1089 (серийный)	7077,22	7076,48	0,74
6	1134 (серийный)	7088,48	7088,29	0,19
7	1142 (серийный)	7094,89	7094,61	0,28
8	1078 (серийный)	7093,33	7092,96	0,37
9	1124 (серийный)	7088,75	7087,47	1,28
10	1085 (серийный)	7095,62	7094,89	0,73
11	1141 (серийный)	7091,96	7091,68	0,28
12	1079 (серийный)	7099,65	7099,65	0
13	1126 (серийный)	7084,45	7084,36	0,09
14	1114 (серийный)	7088,57	7088,11	0,46
15	1118 (серийный)	7089,76	7089,39	0,37
16	1074 (серийный)	7066,5	7066,14	0,36
17	917 (опытный)	7042,79	7042,7	0,09
18	916 (опытный)	7043,43	7043,34	0,09
19	974 (опытный)	7035,83	7035,74	0,09

Средние значения резонансной частоты и разночастотности серийных деталей составили 7090 и 0,39 Гц соответственно. Средние значения резонансной частоты и разночастотности опытных деталей составили 7040 и 0,09 Гц соответственно. Полученные результаты указывают на положительное влияние СВМ-обработки на эксплуатационные характеристики деталей «Резонатор».

Выводы:

1. Выявлена зависимость распределения примесей и акустических свойств деталей «Резонатор» из стали RS-08 от СВМ-обработки в γ -области без необходимости плавления обрабатываемого материала.
2. Для подтверждения эффекта необходима большая экспериментальная выборка деталей «Резонатор» с испытанием в составе

3. Повышение механических характеристик литых деталей из дорогих жаропрочных сплавов.

Сплав ЭП678, увеличение прочности на 28%

Номер образца	Предел прочности Бв, кгс/мм ²	Предел текучести Бт, кгс/мм ²	Относительное удлинение δ, %	Относительное сужение Ψ, %	Закалка, °С	Старение, °С	
Контроль_1	126	121	14	65	950	520	Без СВМ-обработ.
Контроль_2	122	118	14,5	67	950	520	Без СВМ-обработ.
3	162	158	12	59	950	520	28,60%
4	161	158	12,5	58	950	520	27,80%
5	161	158	11,5	59	950	520	27,80%
6	162	158	12	58	950	520	28,60%

Стандартные заготовки для определения механических характеристик из сплава ЭП678 были подвергнуты процедуре закалки:

Нагрев до 980°C, выдержка при этой температуре 1,5 часа, закалка вводу, старение 3 часа при температуре 520°C.

Образцы 3,4,5,6 во время выдержки при T=980°C подверглись обработке СВМ-генератором с целью увеличения механических свойств с использованием модификаторов В, Cr, Со, Си, Ni, W и частот ЯМР этих металлов.

Образцы Контроль_1 и Контроль_2 СВМ-обработке не подвергались.

Получили увеличение Предела прочности в среднем на 28%, пластичность при этом уменьшилась незначительно.