

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПЛАВОВ ДЛЯ РАБОЧИХ ЛОПАТОК I-IV СТУПЕНЕЙ ТУРБИНЫ ГТД-110М.

Заместитель генерального директора –
Директор института материаловедения,
Кандидат технических наук,
Скоробогатых Владимир Николаевич
АО «НПО «ЦНИИТМАШ»



Государственный
научный центр РФ
ЦНИИТМАШ



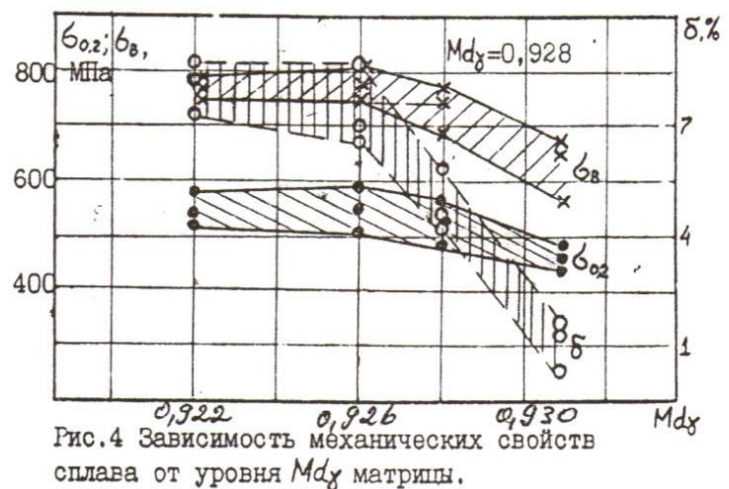
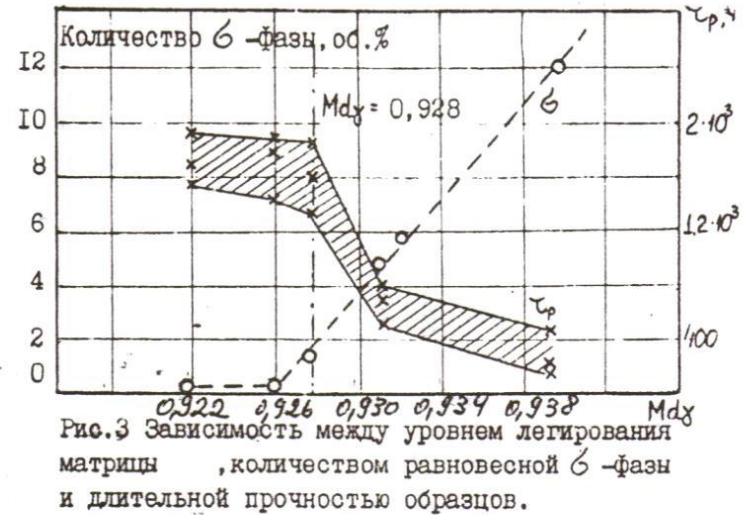
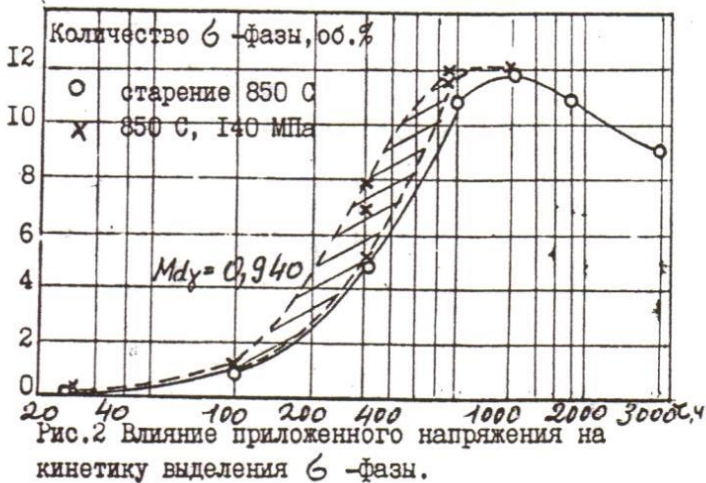
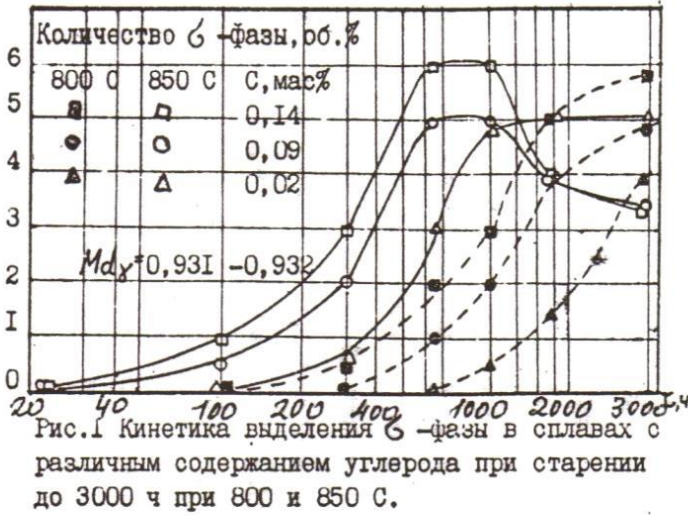
ЦЕЛИ:

Нивелирование негативных особенностей сплава ЧС88У-ВИ за счет:

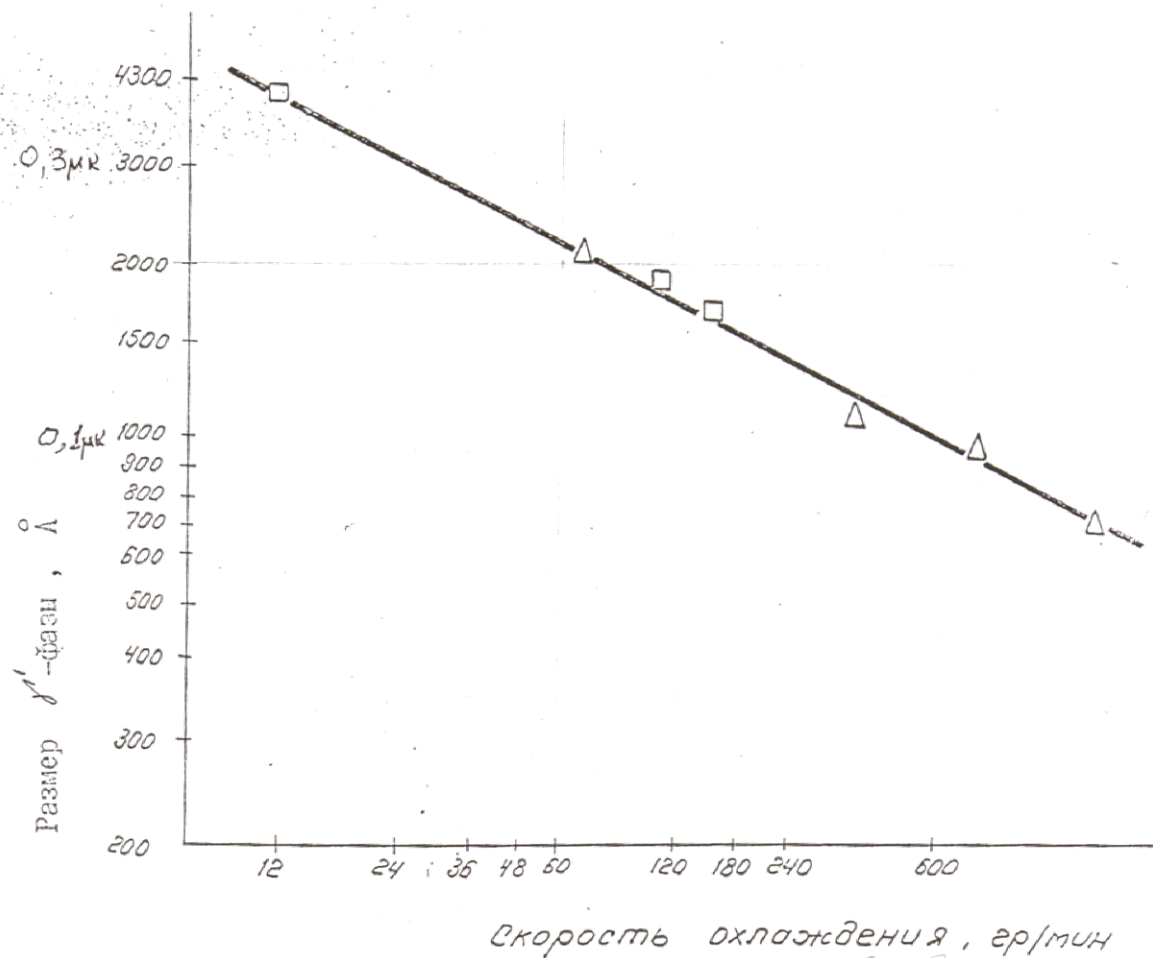
- **снижения вероятности выпадения охрупчивающей β -фазы;**
- **стабилизация размера упрочняющей γ' –фазы во всем объеме РЛ I-IV ступеней;**
- **исключения оплавления эвтектики;**
- **уменьшения количества эвтектики.**

ЗАДАЧИ:

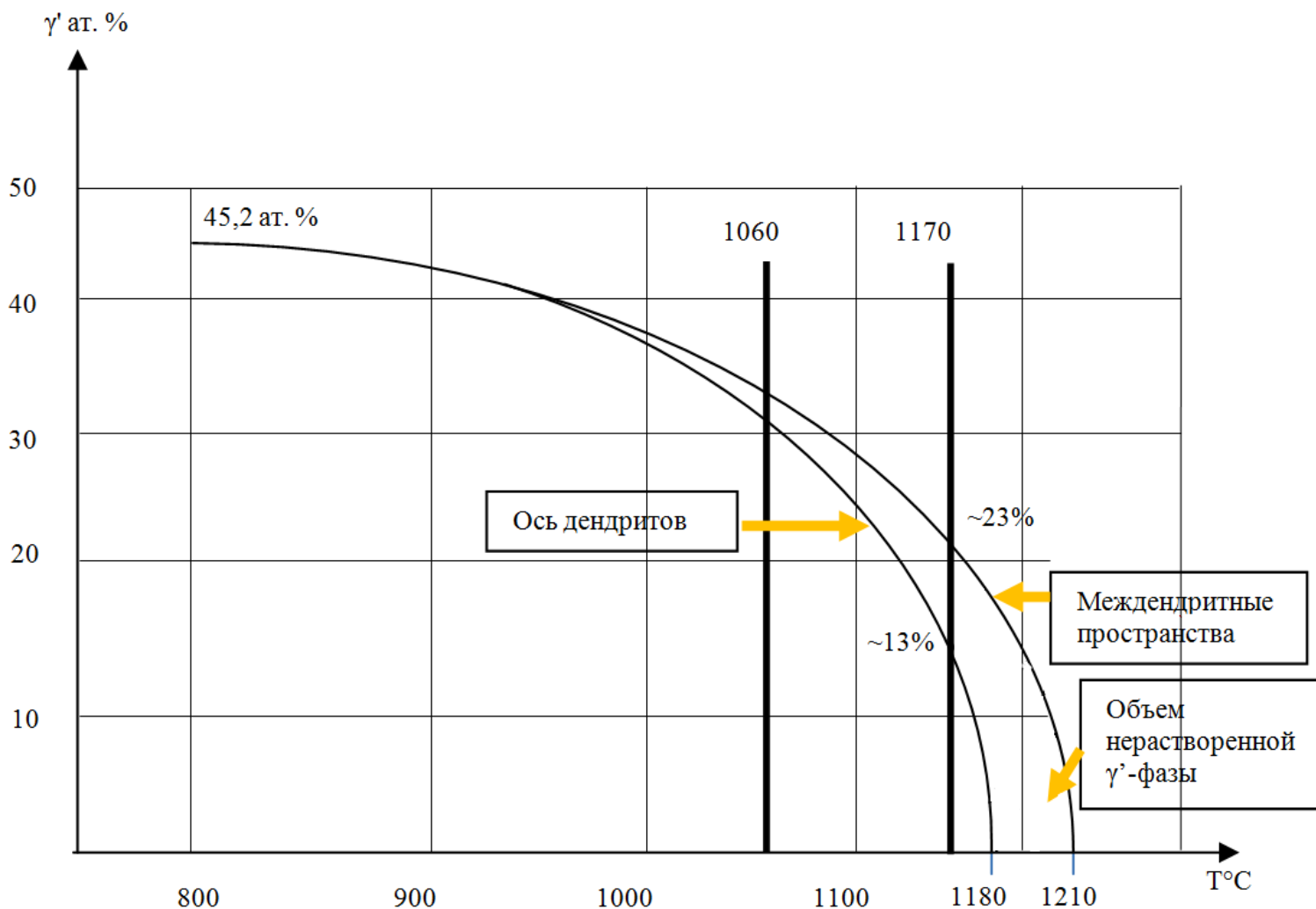
Оптимизация в пределах марки химического состава ЧС88У-ВИ и термической обработки, которые могли бы позволить по возможности повысить структурную стабильность и служебные характеристики, а также создание полноценной доказательной аттестационной и паспортной базы.

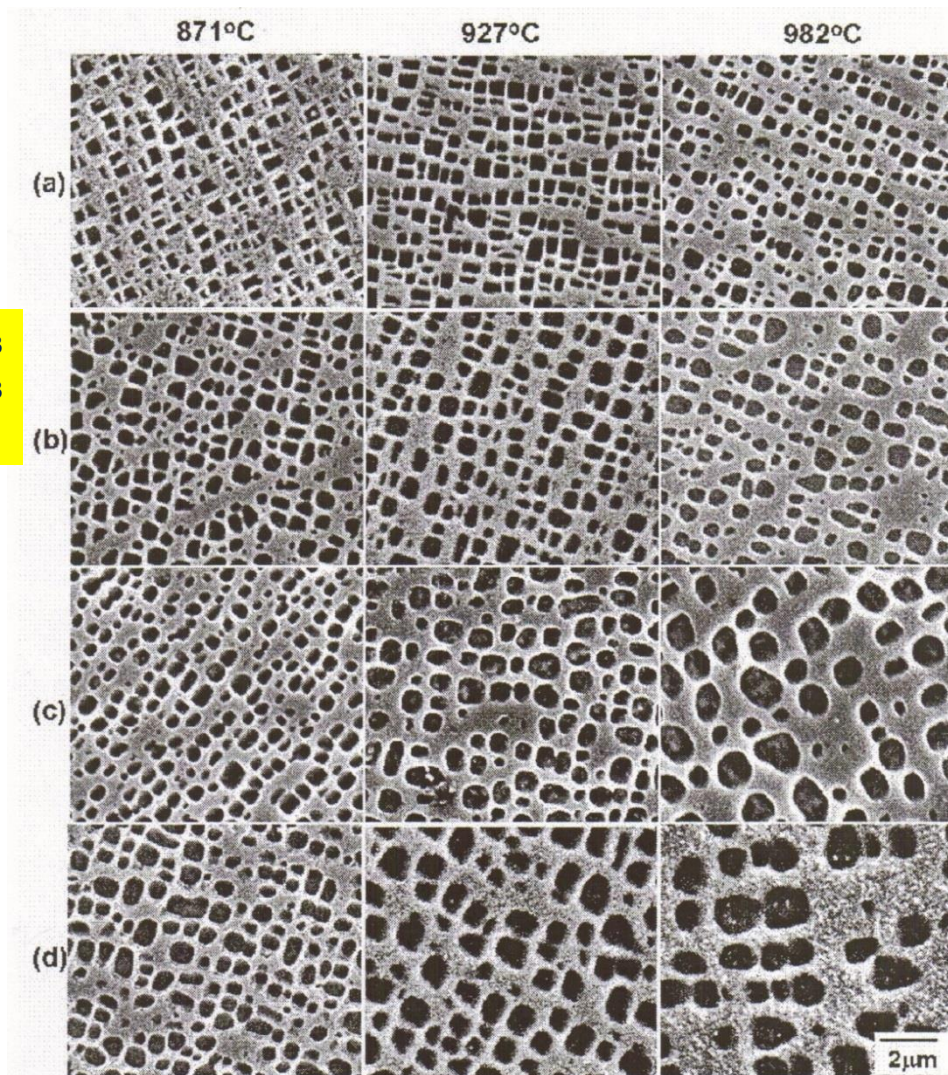


Содержание компонентов, масс. %	По ТУ СМ-88У	По ТУ ОАО «ВИЛС» ЧС-88У-ВИ (опытный М)
Углерод	0,04-0,09	0,05-0,09
Хром	15,4-16,0	15,4-15,8
Кобальт	11,1-11,5	10,0-10,4
Вольфрам	4,8-5,2	5,0-5,3
Молибден	1,7-2,0	1,6-1,8
Титан	4,4-4,7	4,3-4,5
Алюминий	2,9-3,2	3,0-3,2
Бор	0,06-0,10	0,06-0,09
Тантал	-	-
Циркоций	≤0,05	≤0,015
Гафний	0,2-0,4	0,2-0,3
Кремний	≤0,05	≤0,1
Железо	≤0,5	≤0,1
Медь	≤0,02	≤0,04
Сера	≤0,005	≤0,005
Азот	≤30 ppm	≤20 ppm
Кислород	≤20 ppm	≤15 ppm
Церий	-	≤0,015
Ниобий	0,10-0,20	0,1-0,2
Иттрий	≤0,03	≤0,03
Марганец	≤0,1	≤0,1
Фосфор	≤0,005	≤0,005



Δ — IN738LC; \square — ЦНК-7Л;





Такая структура в осях дендритов сплава ЧС88У

Время выдержки составляет:

- (a)- 50 часов;
- (b)- 800 часов;
- (c)- 5000 часов;
- (d)-10000 часов



Такая структура в межосных пространствах сплава ЧС88У

Образцы	Температура, °С	Предел текучести, $\sigma_{0,2}$, МПа	Предел прочности, σ_B , МПа	Относительное удлинение, δ , %	Относительное сужение, ψ , %
В состоянии литья	20	919	1193	10,5	12,5
Стандартная ТО	20	897	1113	5,7	9,7
Стандартная ТО	600	897	1113	6,0	10,0
Стандартная ТО	725	837	1147	10,3	10,45
Стандартная ТО	800	912	985	13,4	26,18
Стандартная ТО	900	657	717	24,3	37,7
ГИП+Стандартная ТО	20	924	1129	7,3	14,7

Лопатки Индив. №: Ц49-1 / 1В51	Испытания на растяжение			
	$T_{исп.}, ^\circ C$	$\sigma_B, \text{ кгс/мм}^2$	$\delta, \%$	$\Psi, \%$
	600	82/80,4	4,5/3,6	5,6/5,1
	900	71,5/70,7	4,9/7,6	8,9
По И ЖАКИ 105.015-89	600	≥ 90	≥ 3	≥ 6
	900	≥ 65	≥ 8	≥ 16

Лопатки Индив. №: Ц49-1 / 1В51	Длительная прочность		
	$T_{исп.}, ^\circ C$	$\sigma_B, \text{ кгс/мм}^2$	Время до разрушения ≥ 100 ч.
	900	28	138/179

Разработаны:

- Усовершенствованный химический состав сплава ЧС88У-ВИ(опытный М), имеющий узкие интервалы легирования, исключающий выпадение б-фазы в процессе эксплуатационной наработки.
- Оптимизированный режим термообработки для сплава ЧС88У-ВИ(опытный М), исключающий оплавление карбо-боридной эвтектики; позволяющий получить достаточно однородную по размеру γ' -фазу во всем объеме рабочей лопатки, что обеспечивает стабилизацию служебных характеристик.

Дальнейшее развитие работ целесообразно направить:

- По РЛ I-IV ступеней ГТД-110М на совершенствование процесса литья и повышение качества металла РЛ, в том числе из альтернативных сплавов; технико-экономических показателей (использование аттестованного литейного возврата, повышение КИМ, снижение % брака и др.)
- По СЛ I-IV ступеней ГТД-110М на оптимизацию процесса изготовления СЛ, включающего исправление брака в литых заготовках и опробование свариваемого сплава ЦНК-21П.