

НЕКОТОРЫЕ ЭФФЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ СВМ-ГЕНЕРАТОРА НА РАСПЛАВЫ МЕТАЛЛОВ И ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ.

В.Ф.Панов, А.Е.Бояршинов, А.В Ключев, С.А.Курапов

Пермский государственный национальный
исследовательский университет,
ООО «Сталь-59»

panov@psu.ru, svm-perm@mail.ru

В работе представлены новейшие результаты воздействия СВМ-генераторов на расплавы металлов и полимерных материалов, а также воздействие на металлы во время термообработки. Показана структурная схема установки для СВМ-обработки материалов. Сделана попытка теоретических обоснований использования СВМ-генераторов в металлургии на основе квантовой теории, реляционной физики, реальной относительности.

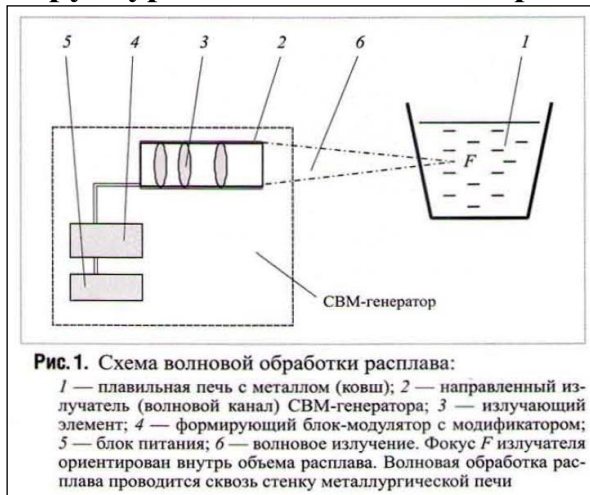
Ключевые слова: СВМ-технология, СВМ-генератор, металлургия, металлы, сплавы, полимеры, термообработка, реляционная физика, прямое межчастичное взаимодействие, квантовая запутанность, реальная относительность.

В период с 1989 г. по 1991 г. в Институте проблем материаловедения АН Украины под руководством директора Института, вице-президента АН УССР, академика В.И. Трефилова коллективом, возглавляемым нач. отдела, д.ф.-м.н. В.П. Майбородой, был проведён цикл работ по изменению физико-химических свойств металлов при воздействии генератора нестационарного ЭМ-поля, разработанного Акимовым А.Е., на расплавы металлов. Были получены однозначные результаты воздействия данного генератора на расплавы металлов в состоянии перегрева.

Нами, с 2004 по 2020 г. в условиях действующего производства, были проведены исследования по обработке расплавов чёрных и цветных металлов и сплавов, используемых в машиностроении и авиастроении, генераторами на электромагнитной основе (СВМ-генераторами). Были получены результаты по изменению микро- и макроструктуры, что привело к существенному улучшению механических свойств металлов и сплавов [4]. В настоящей статье излагаются как старые, так и новые результаты в этой области.

Принцип действия СВМ-генератора основан на резонансном отклике обрабатываемого расплава (как неконденсированной среды, находящейся в метастабильном состоянии) на низкоэнергетическое воздействие нестационарного магнитного поля слабого электромагнитного излучения с определенным спектром, в результате которого в металле наблюдаются структурно-фазовые изменения.

Структурная схема СВМ-генератора.



Как было установлено, характер воздействия генератора на расплавы существенно зависит от материала вещества, помещаемого в резонансную камеру блока-модулятора, т.е. от вещества-модулятора, являющегося виртуальным, или пассивным, модификатором металла. В качестве модуляторов использовали традиционные для металлургии легирующие и модифицирующие материалы: магний, марганец, редкоземельные металлы и др. Модулятор служит фильтром, модулирующим спектр излучения генератора. Модификатор может использоваться в том числе для снижения необходимой концентрации традиционных легирующих и модифицирующих материалов (магний, марганец, редкоземельные металлы) без потери физических свойств конечного продукта.

Примеры режимов установки для обработки черных металлов:

«Антиферритный» режим. Низкоуглеродистые и среднеуглеродистые стали (содержание углерода $< 0,8\%$), в том числе легированные - использование комбинации стабилизирующих аустенит элементов: Mn – Ni – Cu - Nb Данный режим уменьшает количество феррита в литом металле, разрывает сплошную ферритную сетку, уничтожает грануляционную структуру, уменьшает или полностью уничтожает видманштетт.

«Антикарбидный» режим. Высокоуглеродистые стали и чугуны (содержание углерода $\geq 0,8\%$), в том числе легированные - использование комбинации повышающих растворимость углерода в железе элементов: Mg – Mn – (Y – La – Ne – Ce – Sm – Sc) Данный режим повышает растворимость углерода в аустените, уменьшает количество карбидов в литом металле и разрывает сплошную карбидную сетку. Он также придает округлую форму оставшимся карбидам.

«Бейнитный» режим. Жаропрочные высоколегированные стали и сплавы. Данный режим понижает критическую скорость охлаждения стали, повышает прокаливаемость низко- и среднеуглеродистых сталей. Обработка расплава стали ведется двумя группами модификаторов. В первую половину времени плавки расплав обрабатывается по «антиферритному» режиму, с целью уменьшить количество феррита в литом металле. Во второй половине плавки используются модификаторы, состоящих из следующих хим. элементов: Cr - W - Mo - B – Co – (Ce - Y – Ne).

Были получены результаты по изменению микро- и макроструктуры, что привело к существенному улучшению механических свойств металлов и сплавов:

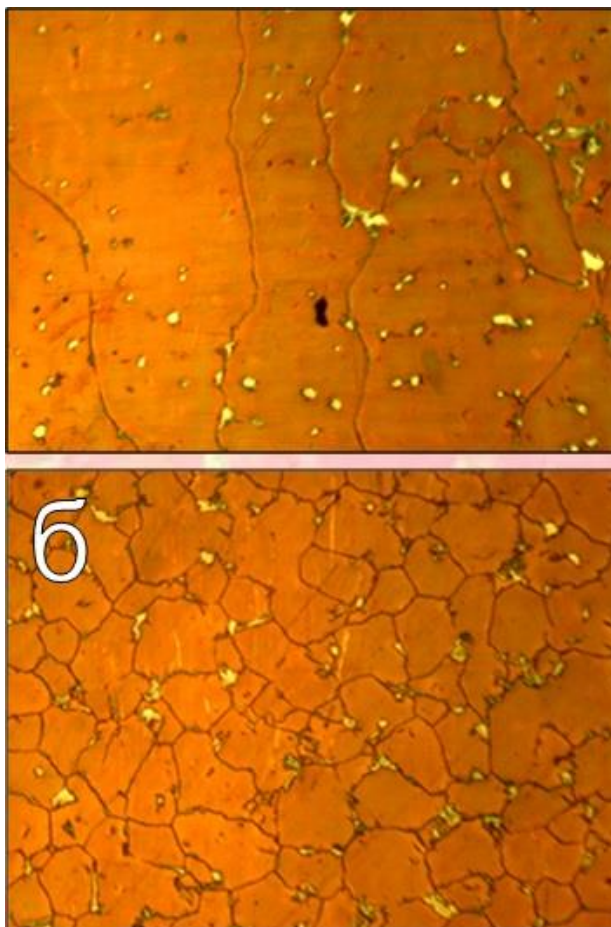
1. Сокращение времени термообработки сталей.
2. Снижения литейного брака.
3. Уменьшение зерна с 1-2 баллов до 5-7 баллов.
4. Управления в определённых пределах химической активностью элементов стали для получения заданных свойств конечного продукта.
5. Уменьшения карбидной неоднородности высокоуглеродистых сталей.
6. Уменьшения полосчатости при прокате, вплоть до полного исчезновения.
7. Увеличение пластичности сталей при сохранении прочности.
8. Увеличение прочности при сохранении пластичности сталей.
9. Увеличение ударной вязкости при -70°C до 100%.
10. Уменьшение неметаллических включений от 2 до 5 раз.
11. Получения низколегированной стали 40ХМА со свойствами высоколегированной стали 34ХН3М.
12. Увеличение прочности чугуна СЧ25 до уровня СЧ40.
13. Увеличение жаропрочности сталей.
14. Увеличение разгаростойкости стали 25Х2М1Ф.
15. Увеличение коррозионной стойкости стали SAF2205 в 3 раза.
16. Увеличение длительной прочности авиационных лопаток из сплава ЖС6У на 82%.
17. Увеличение предела прочности на растяжение силумина АК12 в 2 раза.
18. Увеличение прочности при разрушении Д16Т в 2 раза.
19. Получение свойств технического (нелегированного) титана на уровне легированного при термообработке.
20. Увеличение прочности сплава ЭП678 на 28% при термообработке.
21. Увеличение выхода проката стали 09Г2С 15 категории качества (-70°C) на 67%

Примеры влияния волновой обработки на структуру, фазовый состав и механические свойства сталей

Характерным признаками СВМ-обработки стали является измельчение структуры (уменьшение величины зерна аустенита в среднем на 3–4 балла) и повышение ее однородности, в том числе равномерное распределение карбидов, что, как правило, ведет к повышению механических свойств минимум в 1,5 раза, а также к снижению анизотропии свойств. Результаты исследования позволяют утверждать о повышении пластических свойств стали при сохранении прочностных. У феррит-перлитных сталей наблюдаются изменения в фазовом составе в сторону увеличения количества перлита. Снижается химический градиент фаз, границы фаз становятся более размытыми. Наблюдается зависимость

между измельчением микроструктуры и повышением механических свойств отливок (исключение составила сталь 110Г13Л), хотя отмечены и случаи повышения механических свойств после СВМ-обработки, без видимых изменений в структуре металла.

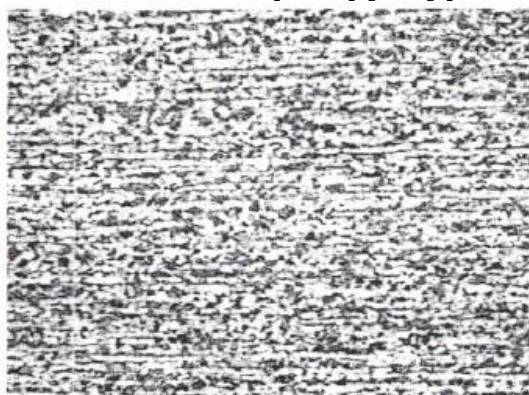
Микроструктура стали 110Г13Л аустенитного класса



а) – контрольный образец, аустенит, 0 – 1 балл

б) – после волновой обработки; наблюдается характерное измельчение размера зерна (4 – 5 балл), измельчение и более равномерное распределение карбидов

Микроструктура стали 20ХГНМ после прокатки



Образец без ОРП (феррито-перлит) x125

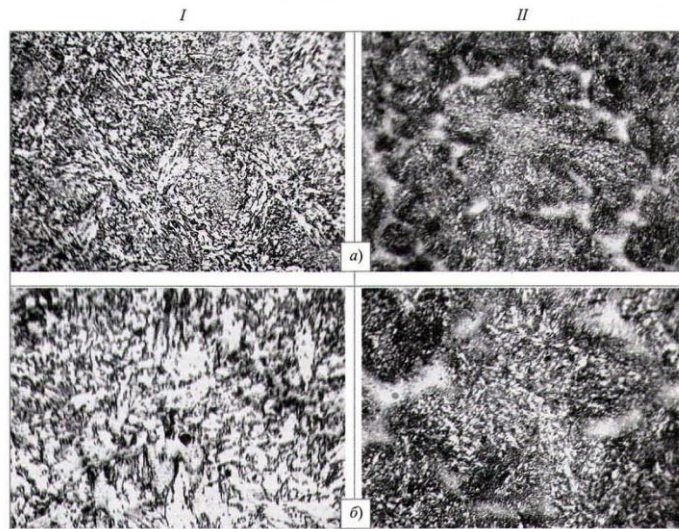


Образец с ОРП (бейнит) x125

Без СВМ-обработки (феррито-перлит явно выраженная полосчатость)

После СВМ-обработки (бейнит, отсутствие полосчатости)

Микроструктура стали 10ХНЗМДЛ



Без СВМ-обработки

После СВМ-обработки

Увеличение прочности силумина АК12

На территории Турции используются алюминиевые сплавы (силумины) производителя ETi Aluminum стандартов ETInorm. Ниже приведены примеры механических свойств стандартов ETInorm в сравнении с характеристиками силуминов ETInorm после СВМ-обработки.

Таблица 1. Механические свойства алюминиевых сплавов ETInorm

Марка сплава	Предел прочности на растяжение σ_B , МПа	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Предел прочности на изгиб σ_{fu} , МПа	Твердость HV
Etial-141 (AK12)	122	98	99	71,5

Таблица 2. Свойства алюминиевых сплавов ETInorm (AK12) после СВМ-обработки.

Марка сплава	Предел прочности на растяжение σ_B , МПа	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Отн. удлинение при разрыве d , %	Сужение поперечного сечения, %	Твердость HV
E-141-1-1	288,68	237,08	3,14	3,72	78
E-141-4-1	262,36	236,37	0,71	4,51	73
E-141-5-2	266,73	227,94	1,53	4,89	74

Как видно из результатов, представленных в таблицах, взятых из официального отчёта, уровень механических свойств силумина невысокой прочности, методом СВМ-обработки, доведён до уровня конструкционной стали.

Результаты испытаний образцов авиационных лопаток из сплава ЖС6У на длительную прочность.

5.2.1 Длительная прочность.

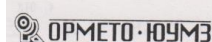
Результаты испытания образцов на длительную прочность представлены в таблице 2.

Таблица 2

Условный номер плавки	Номер образца в плавке	Технические условия испытания		Время выдержки под нагрузкой, час	Примечание
		Напряжение, кгс/мм ²	Т испытания, °С		
1	1	25	975	42	Без воздействия
	2	25	975	52	
	3	25	975	55	
				Средняя 49,6	
2	1	25	975	69	Воздействие по режиму №1
	2	25	975	47	
	3	25	975	86	
				Средняя 67,3	
3	1	25	975	66	Воздействие по режиму №2
	2	25	975	51	
	3	25	975	131	
				Средняя 82,6	
4	1	25	975	48	Воздействие по режиму №3
	2	25	975	56	
	3	25	975	126	
				Средняя 76,6	

Технический отчет № 541/15-4544

7



4. Результаты изучения микроструктуры в Физтехе и Ур ОАН.

1.1. 40ХМА (Физтех).

- Средний диаметр блока когерентного рассеяния, А:

СВМ 580 ± 18

Без СВМ 998 ± 96

- Микротвердость областей микроструктуры, кгс/мм²:

	Светлых областей	Темных областей
без СВМ	253	278
с СВМ	311	317

без СВМ 253

278

с СВМ

311

317

При СВМ-обработке уменьшается блочность зерна; происходит рост твердости структурных составляющих.

4.2. УрО РАН на образцах ст. 40ХМА указало на рост параметра решетки α - фазы (с 2,8685 Å до 2,8695 Å), что может быть обусловлено легированием α - твердого раствора.

4.3. УрО РАН в проведенных исследованиях микроструктуры выявил на литых образцах ст. 9Х2МФ измельчение дендритов в плавках с СВМ-технологией и на кованных образцах без СВМ выраженную неоднородность в виде полосчатости. После СВМ-обработки структура более однородна.

Воздействие СВМ-генератора на металлы во время термообработки.

Сплав ЭП678, увеличение прочности на 28%

Номер образца	Предел прочности σ_B , кгс/мм ²	Предел текучести σ_T , кгс/мм ²	Относительное удлинение δ , %	Относительное сужение, Ψ , %	Закалка, °C	Старение, °C	
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%

Получение технического, нелегированного титана со свойствами легированного в процессе термообработки.

Технический титан ВТ1-0, Ti - 99% Номер образца	Предел прочности, σ_B , МПа	Предел текучести, $\sigma_{0,2}$, МПа	Относительное удлинение, δ , %	Параметры СВМ-обработки
T.003	406		31,6	без СВМ-обработки
ВТ1-0, справочные данные	375		30	
T.004	780		14	Ce, Co, Nd, Ti, V, Y
3М, справочные данные	785		12	
T.009.01	520	390	7	Al, Mo, Ni
T.009.02	500	430	8	Al, Mo, Ni
T.010.01	510	430	7	Al, Mo, Ni, Zr
T.010.02	520	430	6	Al, Mo, Ni, Zr
T.012.01	840	620	15	Al, Cu, Mo, Ni*
T.012.02	850	640	13	Al, Cu, Mo, Ni*
ВТ5, Ti-92%, Al-5%, Mo-1%, V-1%	715-930		6-10	
T.013.01	355	305	51	без СВМ-обработки
T.013.02	350	300	49	без СВМ-обработки
ВТ1-0, справочные данные	375		30	
T.014.02	830	560	18	Al, Cu, Mo, Ni*
T.015.01	850	690	11	Al, Be, Cu, Mo, Ni*
T.015.02	840	690	9	Al, Be, Cu, Mo, Ni*

1. ВСЕ ОБРАЗЦЫ из технического титана ВТ1-0

2. Режим закалки одинаковый - Нагрев до 1000 С, выдержка 20 мин, закалка в водк, естественное старение.
3. Образцы T.003, T.013.01, T.013.02 подвергались только закалке, без СВМ-обработки. По техническим параметрам полностью соответствуют техническому титану.
4. Образцы T.012 из сплава ВТ1-0 по техническим характеристикам полностью соответствуют титану ВТ5, Ti-92%, Al-5%, Mo-1%, V-1%.
5. Образец T.004 из сплава ВТ1-0 по техническим характеристикам полностью соответствуют титану 3М, Ti-94%, Al-5%

Воздействие СВМ-генератора на полимеры

Результаты экспериментов по повышению ПТР полипропилена

№	№ образца	Условия проведения измерений	Результат измерений
1	П5 (контрольный)	T=154°C P=2.16 кг	ПТР=0,97 г/10 мин
2	П11 (после СВМ-обработки с модификатором)	T=150°C	У образца невозможно измерить ПТР. Образец при данной температуре имеет слишком низкую вязкость
3	П4 (после СВМ-обработки без модификатора)	T=152°C	У образца невозможно измерить ПТР. Образец при данной температуре является твёрдым телом.
		T=159°C	У образца невозможно измерить ПТР. Образец при данной температуре является твёрдым телом
		T=168°C	ПТР=5,4 г/10 мин

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Образец П11 при T=150°C находится в жидком состоянии, образец П4 при T=168°C имеет ПТР=5,4 г/10 мин, а образец П5 при T=154°C и P=2.16 кг имеет ПТР=0,97 г/10 мин. Исходя из результатов измерений можно сделать вывод, что контрольный образец П5 по ПТР существенно отличается от образцов П4 и П11. При этом образец П11 обладает самой высокой текучестью среди испытанных образцов.

При изготовлении образца П11 в качестве модификатора в генераторе СВМ использовалось вещество КОМПЛЕН М РР 5Х

Измерение T плавления полипропилена

№	№ образца	Диапазон температуры плавления, °C	Средняя температура плавления единичного измерения, °C	Средняя температура плавления образца, °C
1	П5 (контрольный)	149-155	152	156,8
		152-168	160	
		155-162	158,5	
2	П11	145-147	146	146,4
		144-146	145	
		147-149	148	
		145-148	146,5	
3	П4	154-160	157	156,6
		154-156	155	
		153-157	155	
4	П7	152-157	154,5	154,5
		153-155	154	
		154-156	155	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

1. Большие интервалы температуры плавления образцов свидетельствуют о неоднородности их состава.
2. Температура плавления образца П11 существенно ниже и составляет 146,4°C

**Результаты СВМ-обработки винил-эфирной смолы ВЭС-15
различными модификаторами с целью увеличения химической стойкости.**

смола ВЭС15	без обработки	обработка с модификаторами		
		фторопласт	кварц	золото
уменьшение массы, %				
H ₂ O вода	1,33	0,99	1,1	1,24
NaOH щёлочь	1,3	0,97	0,98	1,16
H ₂ SO ₄ кислота	1,32	1,01	1,13	1,23
относительное повышение химстойкости, %				
H ₂ O вода		25,6	17,3	6,8
NaOH щёлочь		25,4	24,6	10,8
H ₂ SO ₄ кислота		23,5	14,4	6,8

Пояснения.

1. Смола ВЭС15 в жидком виде была обработана СВМ-генератором с различными модификаторами.
2. В обработанную смолу был добавлен отвердитель, и она была разлита в специальные формы для определения химической стойкости.
3. Полученные затвердевшие образцы были испытаны на химическую стойкость в трёх разных средах.
4. Наилучший результат - минимальное изменение массы - получено при облучении смолы, когда в качестве модификатора использовался фторопласт.

**Попытка теоретического объяснения
полученных результатов.**

Мы предлагаем ряд гипотез, объясняющих действие нашего генератора на расплавы металлов.

В развиваемой группой Ю.С.Владимирова реляционной физике среди первичных понятий в принципе нет места для полей–переносчиков взаимодействий [1,2]. Это соответствует концепции дальнего действия, альтернативной теории поля. Ю.С.Владимиров развил и углубил теорию прямого межчастичного взаимодействия на основе реляционной концепции пространства-времени с использованием унарных и бинарных систем отношений [2].

В рамках последовательного реляционного подхода в [2] делается следующий вывод: поскольку в реляционной парадигме нет самостоятельной категории «пространство-время», а вместо неё выступает совокупность отношений между материальными объектами (зарядами), а кроме того имеется «море» испущенного, но ещё не поглощённого электромагнитного излучения, то возникают веские основания выдвинуть идею, что испущенное, но не поглощённое электромагнитное излучение участвует в формировании самой идеи пространственно-временных отношений. Даже высказывается в [2] более сильное утверждение, что именно испущенное, но не поглощённое электромагнитное излучение ответственно за формирование классического пространства-времени.

В классической электродинамике электромагнитное поле сильно затухает в расплаве металла, а в бинарной геометрофизике Ю.С.Владимирова с учётом

прямого межчастичного взаимодействия и «моря» испущенного, но ещё не поглощённого электромагнитного излучения, возможно, электромагнитное излучение СВМ-генератора может существенно влиять на электроны в расплаве металла и существенно влиять на процесс кристаллизации расплава металла. Этот вопрос требует специального рассмотрения. Кроме этого, целесообразно проанализировать наши технологические эксперименты на расплавах металлов и полимеров в рамках реляционно-статистического подхода развития квантовой теории [2] с учётом принципа Маха.

Особого обоснования требует объяснение дистанционного воздействия в металлургии. Виртуальный перенос «информационных свойств металла–модификатора» на расплав требует специального рассмотрения. Для простейших квантовых систем проявляют себя квантовая нелокальность и квантовая запутанность. Видимо, в экспериментах на расплавах металлов (сложных системах) проявляет себя многочастичная квантовая запутанность (МКЗ). При этом действие СВМ-генератора следует описывать в рамках квантовой механики с учётом нелокальности и МКЗ. Информационная передача свойств металла–модификатора квантовым образом передаётся на расплав металла с учётом квантовой нелокальности. Этот вопрос требует более глубокого рассмотрения.

Далее отметим, что Губаревым Е.А. в работе [3] сформулированы уравнения электродинамики ориентируемой точки, основанной на принципе реальной относительности. В рамках предложенной в [3] теории предсказаны квазистатические свободные электромагнитные поля, имеющие неиндукционный характер и не возбуждающие никакой электродвижущей силы в плоскости, перпендикулярной направлению распространения. Такие квазистатические поля должны иметь высокую проникающую способность в проводниках, так как по своей структуре они не производят никакой работы над свободными зарядами и, следовательно, не рассеиваются в проводниках. Квазистатические поля могут оказать влияние квантовым образом на эффект кристаллизации расплава металла. С этой стороны интересно исследовать СВМ-генераторы в отношении проявления таких полей.

Отметим, что все эти подходы объяснения действия СВМ-генераторов в металлургии требуют квалифицированных теоретических и экспериментальных исследований.

Литература

1. Владимиров Ю.С. Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий. Часть 2. Теория физических взаимодействий. – М.: Изд. МГУ, 1998 г. – 448 с.
2. Владимиров Ю.С. Метафизика и фундаментальная физика. Кн.3: Реляционные основания искомой парадигмы. – М.: ЛЕНАНД», 2018 г. – 256 с.
3. Губарев Е.А. Принципы реальной относительности. – М.: Фонд перспективных технологий и инноваций, 2020 г. – 336 с.
4. Бояршинов А.Е., Ключев А.В., Кокарева Н.А., Курапов С.А., Панов В.Ф., Стрелков В.В. Структура и механические свойства металла после обработки

расплава в нестационарном электромагнитном поле волнового излучателя. – *Металловедение и термическая обработка металлов*. №7 (649), 2009 г. – С. 3-9

5. Панов В.Ф., Курапов С.А., Бояршинов А.Е. Структура и механические свойства металла после обработки расплава электромагнитным излучателем. – *Метафизика. Научный журнал*. 2012 г, №2(4), стр.126-139.

6. Патент 2324575 РФ. Бояршинов А.Е., Клюев А.В., Кокарева Н.А., Курапов С.А., Панов В.Ф., Стрелков В.В. Способ обработки расплавленных материалов электромагнитными полями. Опубликовано 20.05.2008, Бюл. №14.

7. Патент 2336612 РФ. Бояршинов А.Е., Клюев А.В., Кокарева Н.А., Курапов С.А., Панов В.Ф., Стрелков В.В. Электромагнитная антенна. Опубликовано 20.10.2008, Бюл. №29.

8. Патент 2403126 РФ. Бояршинов А.Е., Клюев А.В., Кокарева Н.А., Курапов С.А., Панов В.Ф., Стрелков В.В. Способ обработки расплавленных сплавов электромагнитными полями и устройство для его осуществления. Опубликовано 10.11.2010, Бюл. №31.

9. Панов В.Ф., Клюев А.В., Курапов С.А., и др. Полевое глубинное воздействие на расплавы металла: Сб. статей по материалам Второй международной конференции «Деформация и разрушение материалов и наноматериалов». М.: ИМЕТ им. А.А.Байкова РАН, 2007. С. 144.

10. Клюев А.В., Курапов С.А., Панов В.Ф., Стрелков В.В., Кокарева Н.А., Бояршинов А.Е. Улучшение физико – механических свойств чёрных и цветных металлов при обработке расплава в нестационарном электромагнитном поле волнового излучателя. // Тезисы докладов. Шестой международный аэрокосмический конгресс. IAC'09. (23 – 27 августа 2009г., Москва, Россия)/ Стр.108.

11. S.A. Kurapov, V.F. Panov, A.E. Boyarshinov, A.V. Klyuev, V.V. Strelkov, N.A. Kokareva. Structure and mechanical properties of metal after treatment of melt in nonstationary electromagnetic field of a wave generator. *Metal Science and Heat Treatment*. Vol. 51, Nos. 7 – 8, 2009. 0026-0673/09/0708-0319 © 2009 Springer Science + Business Media, Inc.

12. Бучаченко А. Л. Ядерно-спиновая селективность химических реакций. «Успехи химии», 1995, т. 64, стр. 863

13. А. Л. Бучаченко, Ю. Н. Молин, Р.З.Сагдеев, К. М. Салихов, Е. Л. Франкевич, Магнитно-спиновые эффекты в химических реакциях, «Успехи физических наук», т.151, № 1, 1987 — сообщения с научной сессии Отделения общей физики и астрономии и Отделения ядерной физики Академии наук СССР 25-26.06.1986.

Перечень заводов и институтов, где проводились исследования:

Металлургической отрасли:

ОАО «Мотовилихинские заводы», г. Пермь

ОАО «МК ОРМЕТО-ЮУМЗ», г.Орск

ОАО «Тулачермет», г. Тула

ОАО «Северский трубный завод», г. Полевской

ОАО «Уралмаш», г. Екатеринбург

ОАО НЛМК, г. Липецк

ПЗЦМ, г. Пермь
Арселор-Миттал, г. Кривой Рог, Украина
Металлургический завод г. Конья, Турция

На предприятиях ВПК:
ОАО «Пермские моторы», г. Пермь
ПАО ПНППК, г. Пермь
АО ПЗ «Машиностроитель», г. Пермь
ФГУП «Салют», г. Москва
ЦКБ им. Илюшина, г. Москва
ООО «НовосибНИАТ», г. Новосибирск

В научно-исследовательских учреждениях:
ЦНИИКМ «Прометей», г. С.-Петербург
ЦНИИТМАШ, г. Москва
ВИЛС, г. Москва
ВИАМ, г. Москва
Физико-технический институт УрО РАН, г. Ижевск
Научный центр порошкового материаловедения, г. Пермь
Уральский Государственный Лесотехнический университет, г. Екатеринбург
ОАО «Пермские полиэфирсы», г. Пермь

Авторы

Панов Вячеслав Федорович, Доктор физико-математических наук по теоретической физике, профессор ПГНИУ, преподаватель, член-корреспондент Российской академии естествознания, член президиума Российского гравитационного общества.

panov@psu.ru, тел. +7 905 86 30 678

Бояршинов Андрей Евгеньевич, ООО «Сталь-59», Зам. директора

svm-perm@mail.ru, тел. +7 982 49 33 887

614000, Пермь, а/я 305

Клюев Андрей Валентинович

ООО «Сталь-59», Зам. директора

klyuevan@gmail.com, тел. +7 902 80 46 576