

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРОВ СВМ-ПОЛЕЙ В МЕТАЛЛУРГИИ

В.Ф.Панов, С.А.Курапов, А.Е.Бояршинов, А.В.Клюев, А.Н.Ошмарин

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. Сделана попытка теоретических обоснований использования СВМ-генераторов в металлургии на основе квантовой теории, бинарной геометрофизики Ю.С.Владимирова, теории Е.А.Губарева, работы Л.Б.Болдыревой, в которой физический вакуум наделяется свойствами сверхтекучего $^3\text{He-V}$.

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 на расплавы металлов. Были получены однозначные результаты воздействия данного генератора на расплавы металлов в состоянии перегрева.

Нами, с 2004 по 2017 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 [1]. В настоящей статье излагаются как старые, так и новые результаты в этой области.

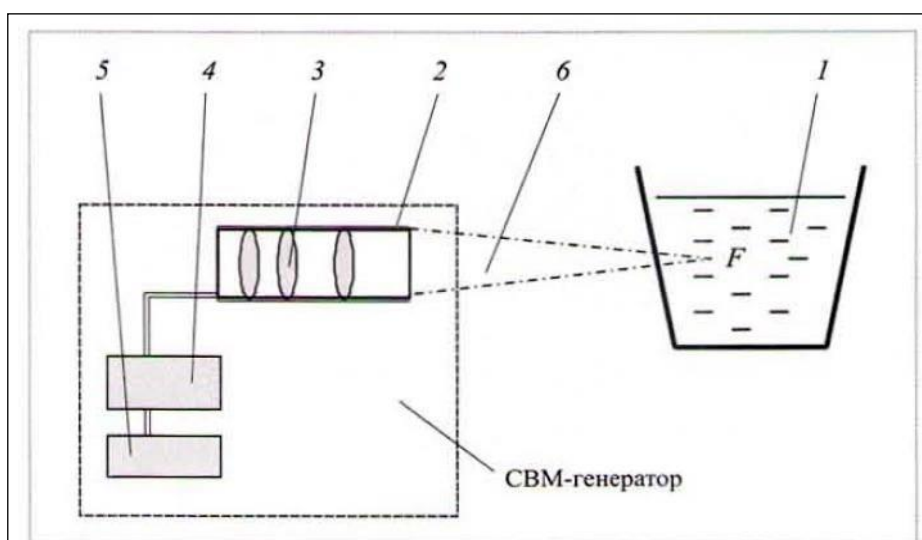
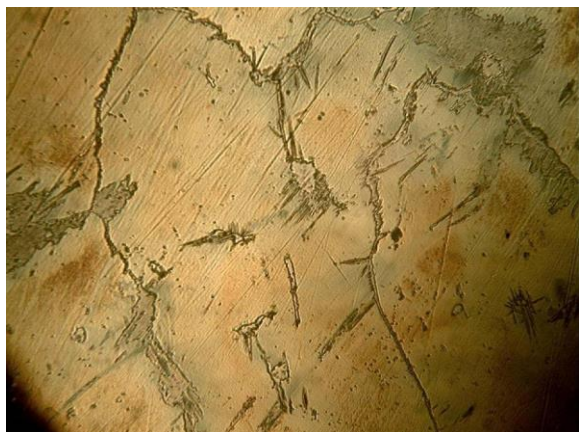


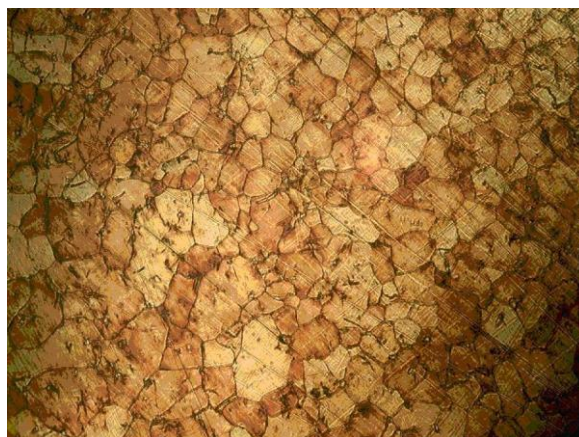
Рис. 1. Схема волновой обработки расплава:

1 — плавильная печь с металлом (ковш); 2 — направленный излучатель (волновой канал) СВМ-генератора; 3 — излучающий элемент; 4 — формирующий блок-модулятор с модификатором; 5 — блок питания; 6 — волновое излучение. Фокус F излучателя ориентирован внутрь объема расплава. Волновая обработка расплава проводится сквозь стенку металлургической печи

Микроструктура стали 110Г13Л аустенитного класса г.Пермь, 2003

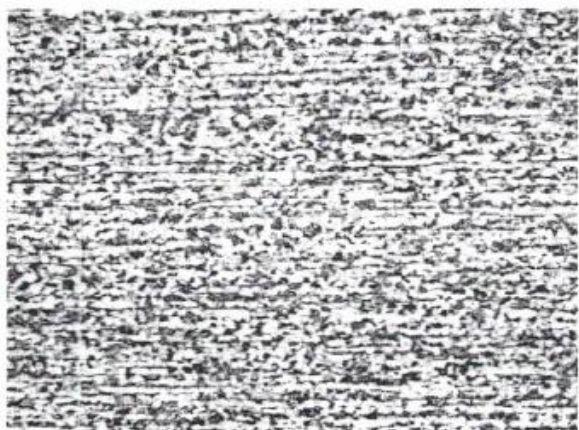


Плавка №1813. Контроль. Крупное аустенитное зерно 1-2 балла. Выделения карбидов. Увеличение $\times 100$.



Плавка №1817. Образец после СВМ-обработки. Мелкое аустенитное зерно 4.5-5 баллов. Выделения карбидов минимальные. Увеличение $\times 100$.

Микроструктура стали 20ХГНМ после прокатки ЦНИИТМаш, 2008



Образец без ОРП (феррито-перлит) $\times 125$

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



Образец с ОРП (бейнит) $\times 125$

После СВМ-обработки (бейнит, отсутствие полосчатости)

Микроструктура стали 10ХНЗМДЛ г.Пермь, НЦ ПМ, 2007

Без СВМ-обработки

I

С СВМ-обработкой

II

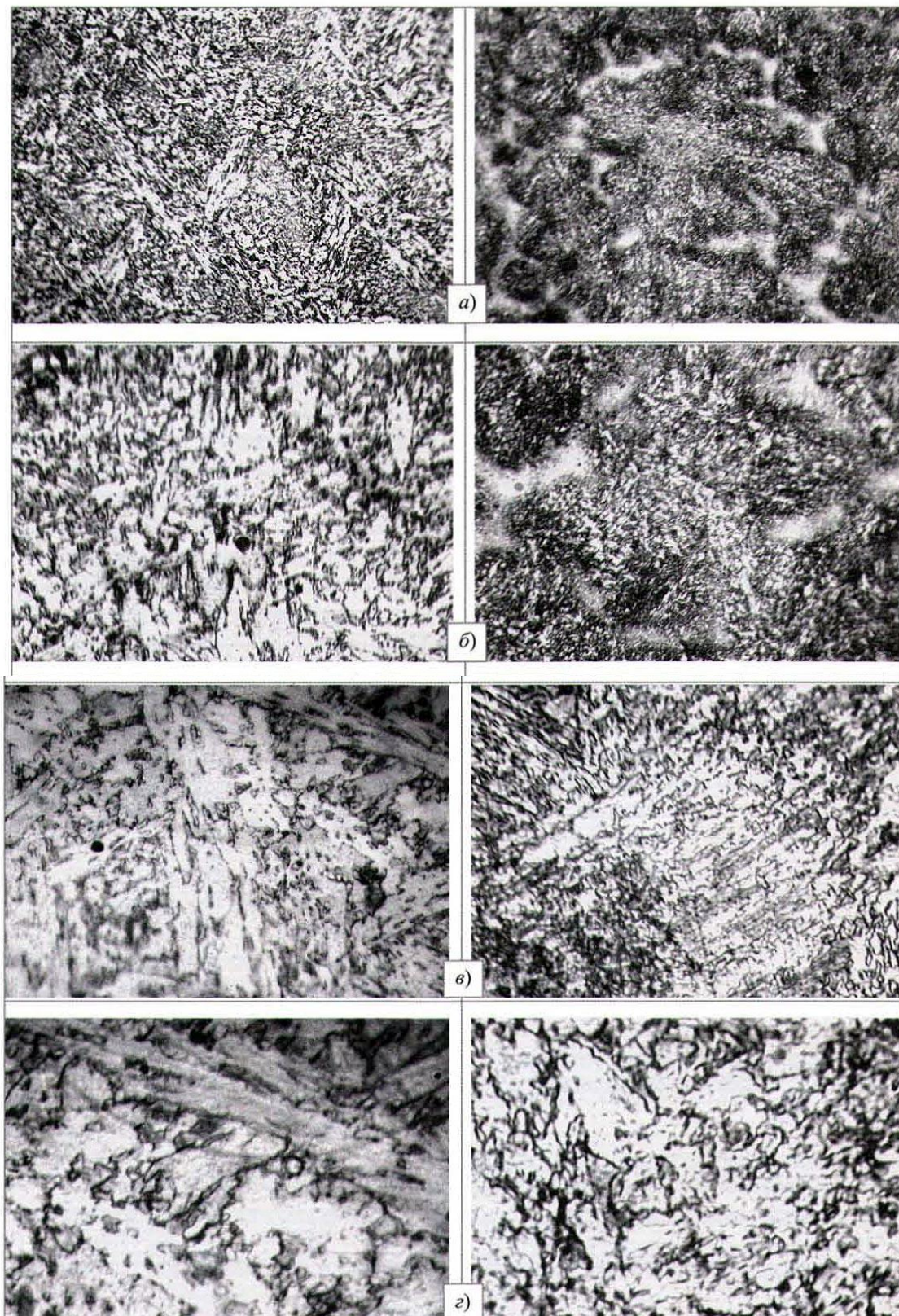


Рис. 5. Микроструктура образцов необработанной (*I*) и обработанной (*II*) стали 10ХНЗМДЛ при различном увеличении:

a — $\times 517$; *б* — $\times 1300$; *в* — $\times 2200$; *г* — $\times 4200$

Макро и микроструктура алюминия А7 без СВМ-обработки
ФизТех УРО РАН, Ижевск, 2009

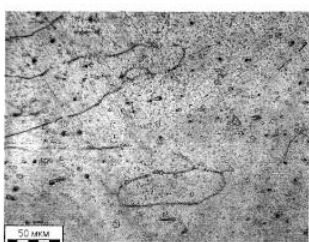
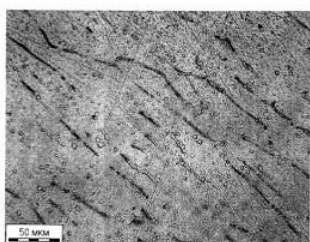
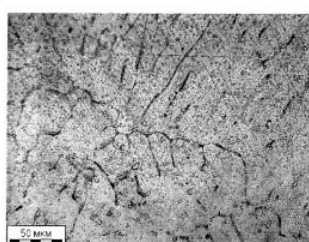
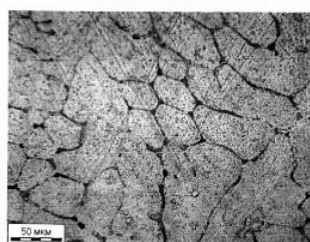
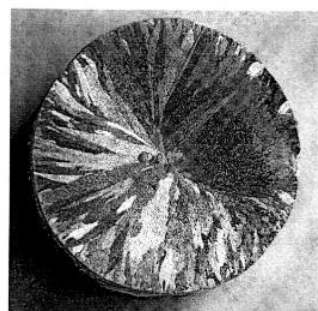


Рис.19. Макро- (а) и микроструктура (б-д) образца 1.4.

Макро и микроструктура алюминия А7 после СВМ-обработки
ФизТех УРО РАН, Ижевск, 2009

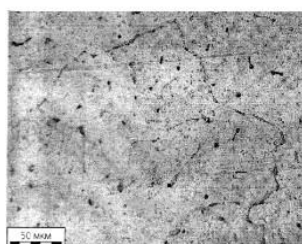
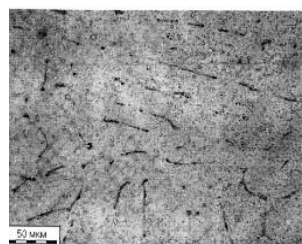
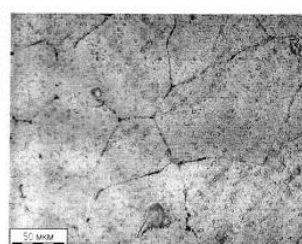
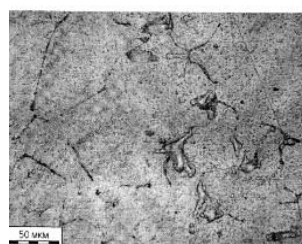
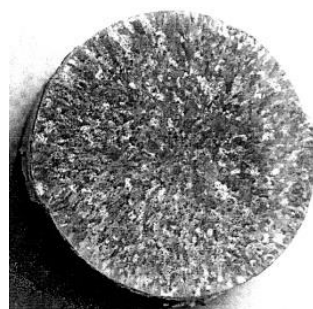


Рис.22. Макро- (а) и микроструктура (б-д) образца 2.10.

Таблица испытаний на неметаллические включения сталей 20, 20ХГНМ, 02Х22Н5АМЗ без и с СВМ-обработкой.

С - сульфиды, ОС – оксиды строчечные, ОТ – оксиды точечные
2008г., ЦНИИТМаш, Москва

Таблица 2 Неметаллические включения

Сталь		Неметаллические включения (балл)		
		ОС	ОТ	С
<u>20</u>	с полем	1,5	-	1
	без поля	3,5	-	1
<u>20ХГНМ</u>	с полем	1,5	-	1
	без поля	4,5	2	1
<u>02Х22Н5АМЗ</u>	с полем	0,5	1,5	-
	без поля	4,5	2	-

Механические свойства низколегированной стали 35ХГСЛ после СВМ-обработки в сравнении с высоколегированной сталью 10ХНЗМДЛ 2008г., Пермь

Марка стали	Предел ткучест $\sigma_{т.}$ Мпа.	Предел прочности $\sigma_{вр.}$ Мпа.	Отн. Удлинение $\delta\%$	Отн. Сужение $\psi\%$	Ударная вязкость КСУ кДж./кв.м. +20°C -50°C	
10ХНЗМДЛ, гомогенизация - 1100°C, нормализация - 960°C - воздух, закалка - 880°C - вода, отпуск – 590°C – вода, требования РГ115-95 ТУ						
	883	940	10	20	383	196
35ХГСЛ, ГОСТ 977 – 75, нормализация – 900 - воздух, закалка - 880°C - вода, отпуск – 580°C – вода.						
	883	990	12	39	696	343
	900	1000	12.5	36	827	368

Результаты испытаний образцов авиационных лопаток из сплава ЖС6У на длительную прочность. 2005г., Пермь

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	



В 2015 году, в городе Конья, Турция, была проведена работа по применению СВМ-генераторов на производстве отливок из алюминиевых сплавов для автомобильной промышленности.

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. Химический состав алюминиевых сплавов ETInorm

Марка сплава	Международный стандарт	Al	Fe	Si	Cu	Mn	Mg	Zn	Ni	Ti
Etial-141	ISO AlSi12Fe	87,30	0,68	11,94	0,01	0,1	0,01	0,02	-	0,02

Таблица 2. 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	122	98	99	71,5

Таблица 3. Свойства алюминиевых сплавов ETInorm 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-141-2-1	274,77	238,91	1,14	0,86	77
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

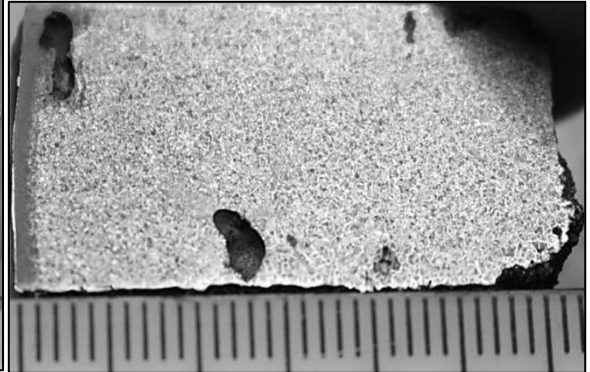
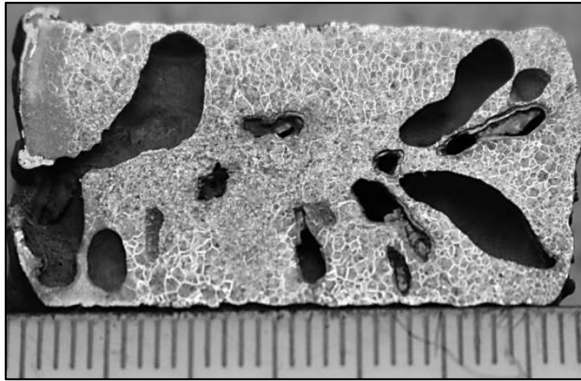
Как видно из результатов, представленных в таблицах, взятых из официального отчёта, уровень механических свойств силумина невысокой прочности, методом СВМ-обработки, доведён до уровня конструкционной стали.

Результаты экспериментов 2017г Сталь 40ХН.

Макроструктура

Без СВМ-обработки

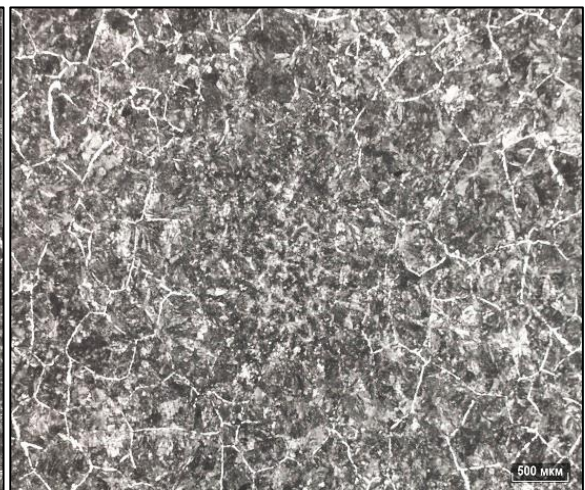
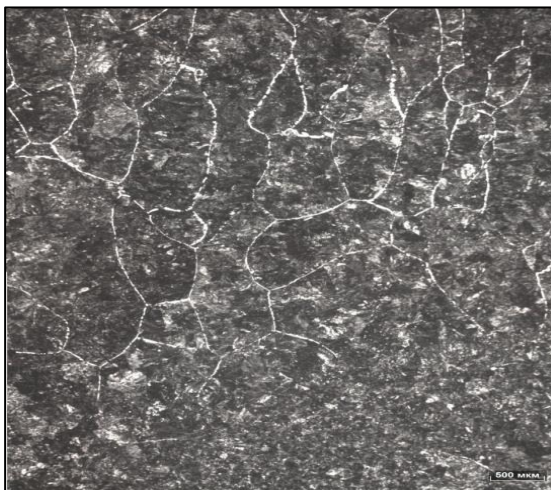
После СВМ-обработки



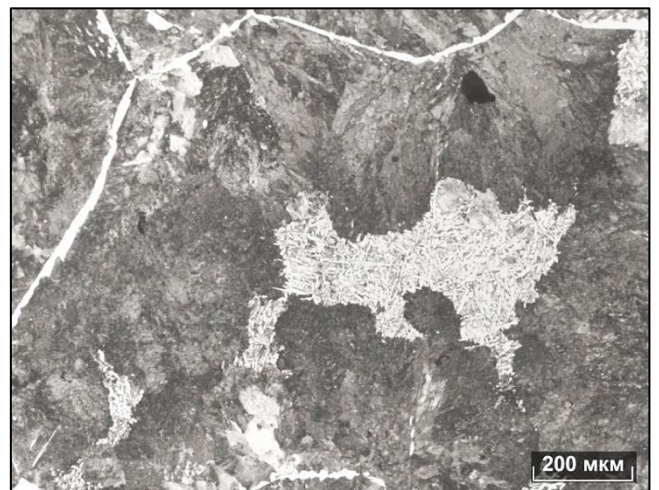
Микроструктура

Без СВМ-обработки

После СВМ-обработки

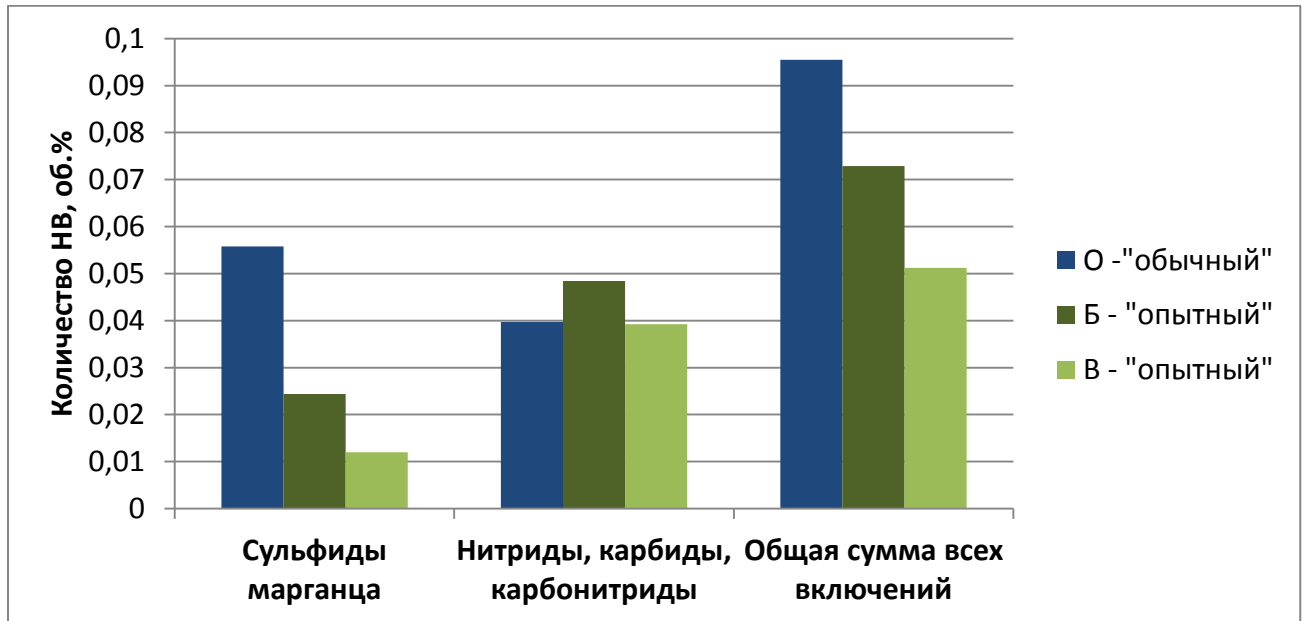


Наличие бейнитной структуры в стали 40ХН.



Чугун СЧ20.

Содержание неметаллических включений в чугуне марки СЧ20



Результаты испытаний проб чугуна на временное сопротивление.

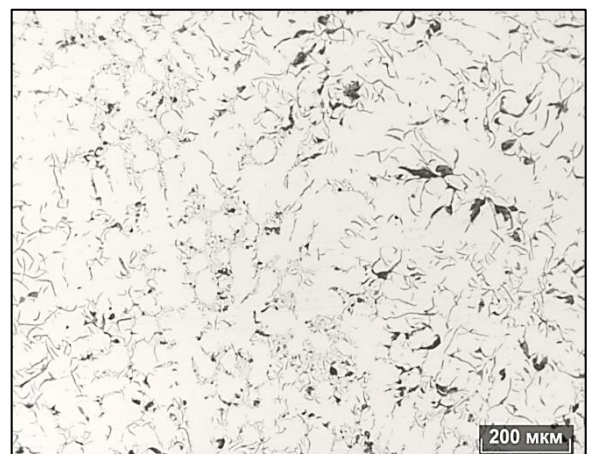
Плавка	ГОСТ	Диам. образца мм	Форма	Предел прочности, Н/мм ²	Толщина образца для замера твердости, мм	Твердость НВ
Стандарт. плавка	27208-87	20	К	250	19,4	224,17
После СВМ-обр.		19,0	К	275	19,4	212,25
После СВМ-обр.		20	К	260	19,4	187,33

Микроструктура образцов СЧ20 (графит на нетравленных шлифах)

Без СВМ-обработки

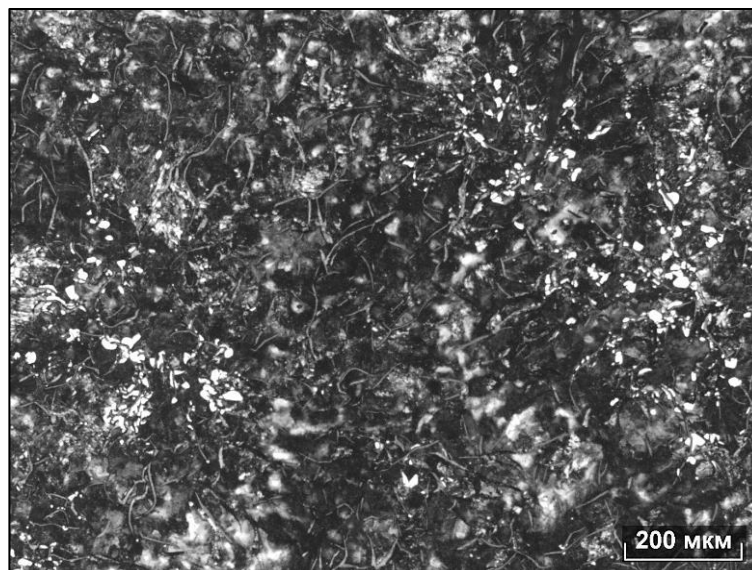


После СВМ-обработки

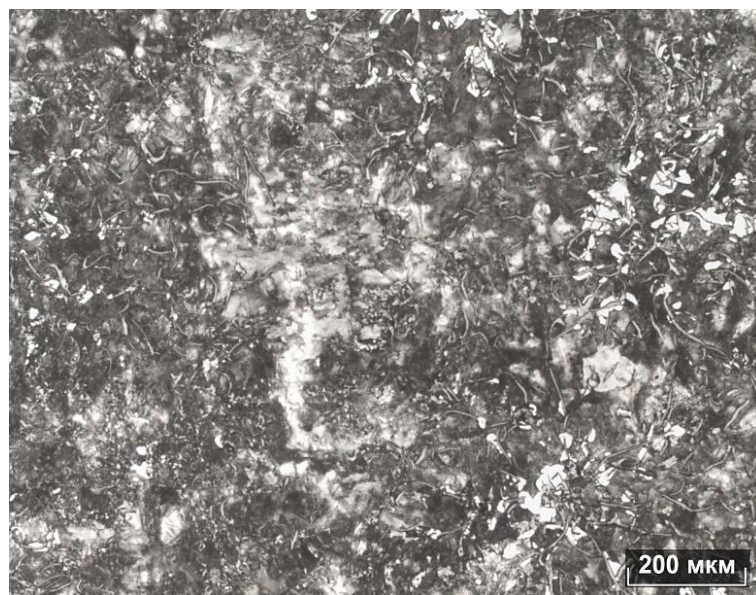


Микроструктура исследованных образцов чугуна СЧ20

Без СВМ-обработки



После СВМ-обработки



Результаты экспериментов по повышению ПТР полипропилена, г.Екатеринбург, 2017г

№	№ 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)	149-155 152-168 155-162	152 160 158,5	156,8
2	П11	145-147 144-146 147-149 145-148	146 145 148 146,5	146,4
3	П4	154-160 154-156 153-157	157 155 155	156,6
4	П7	152-157 153-155 154-156	154,5 154 155	154,5
ЗАКЛЮЧЕНИЕ: 1. Большие интервалы температуры плавления образцов свидетельствуют о неоднородности их состава. 2. Температура плавления образца П11 существенно ниже и составляет 146,4°C				

Попытка теоретического объяснения полученных результатов.

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

Воздействие электромагнитного потенциала генератора может приводить квантовым образом к поляризации спинов атомов расплава, что сказывается на характере кристаллической решётки твёрдого металла. Изменения в кристаллической решетке могут быть связаны с рассеянием спин-поляризованных электронов в металле за счёт эффекта Аронова-Бома [2], который обусловлен потенциалом электромагнитного поля нашего генератора. При этом меняется плотность вероятности распределения электронов в металле и квантовым образом меняется характер обменных сил, что в конечном итоге приводит к изменению образования структур дальнего порядка – зародышей кристаллизации. На это можно сказать, что эффект Ааронова-Бома – мал, но с другой стороны – нам не известны работы по расчёту этого эффекта в металлах, а также, возможно, мы имеем дело с модификацией этого эффекта.

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.

В развиваемой Ю.С.Владимировым бинарной геометрофизике среди первичных понятий в принципе нет места для полей – переносчиков взаимодействий [3,4]. Это соответствует концепции дальнодействия, 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 [4]. В классической электродинамике электромагнитное поле сильно затухает в расплаве металла, а вот в бинарной геометрофизике Ю.С.Владимирова с учётом прямого межчастичного взаимодействия, возможно, электромагнитное взаимодействие может существенно влиять на электроны в расплаве металла и значительно влиять на процесс кристаллизации расплава металла. Этот вопрос требует специального рассмотрения.

Далее отметим, что Губаревым Е.А. в работе [5] сформулированы уравнения электродинамики ориентируемой точки, основанной на принципе реальной относительности. В рамках предложенной в [5] 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 проводящих средах, так как по своей структуре они не производят никакой работы над свободными зарядами и, следовательно, не рассеиваются в таких средах. Квазистатические поля могут оказать влияние квантовым образом на эффект кристаллизации расплава металла. С этой стороны интересно исследовать СВМ-генераторы в отношении проявления таких полей.

Наконец, в работе [6], Л.Б.Болдырева показала, что наделяя физический вакуум свойствами сверхтекучего $^3\text{He-V}$ можно описать ряд физических явлений. Если считать, что физический вакуум, как новый физический эфир, обладает свойствами сверхтекучего $^3\text{He-V}$, то естественно считать, что от СВМ-генераторов может генерироваться вихревой процесс в «сверхтекучем эфире». (Происходит распространение спиново-магнитных возмущений в эфире). Эти «вихри» могут влиять на электроны расплава металла, в результате чего меняются обменные силы и процесс образования зародышей кристаллизации.

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

Литература.

1. 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
2. Цвелик А.М. Квантовая теория поля в физике конденсированного состояния. Перевод с английского. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002 г. – 320 с.
3. Владимиров Ю.С. Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий. Часть 2. Теория физических взаимодействий. – М.: Изд. МГУ, 1998 г. – 448 с.
4. Владимиров Ю.С. Физика дальнего действия: Природа пространства-времени. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012 г. – 224 с.
5. Губарев Е.А. Электродинамика ориентированной точки. – М.: Новый Центр, 2013 г. – 70 с.
6. Болдырева Л.Б. Что даёт физике наделение физического вакуума свойствами сверхтекучего $^3\text{He-V}$. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012 г. – 120 с.
7. Патент 2324575 РФ. Бояршинов А.Е., Ключев 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.
8. Патент 2336612 РФ. Бояршинов А.Е., Ключев А.В., Кокарева Н.А., Курапов С.А., Панов В.Ф., Стрелков В.В. Электромагнитная антенна. Опубликовано 20.10.2008, Бюл. №29.
9. Ключев А.В., Курапов С.А., Панов В.Ф. 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.

Перечень заводов и институтов, где проводились исследования:

Металлургическая отрасль:

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 «Тяжпрессмаш», г.Рязань
ОАО НЛМК, г.Липецк
ПЗЦМ, г.Пермь
Арселор-Миттал, г. Кривой Рог, Украина
Металлургический завод г.Конья, Турция

На предприятиях авиапрома:

ОАО «Пермские моторы», 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