Разработка метода идентификации бейнитой составляющей в чугуне

Выполнил:

Прокопьев Евгений Николаевич

Анализ предметной области

В мировой практике аустенитно-бейнитный чугун (АБЧ) широко используется в автомобильной и других отраслях машиностроения для изготовления зубчатых передач, тяжелонагруженных зубчатых колес, держателей пружин для грузовых автомобилей, железнодорожных сцепок, других деталей ответственного назначения, успешно заменив углеродистые и низколегированные стали.

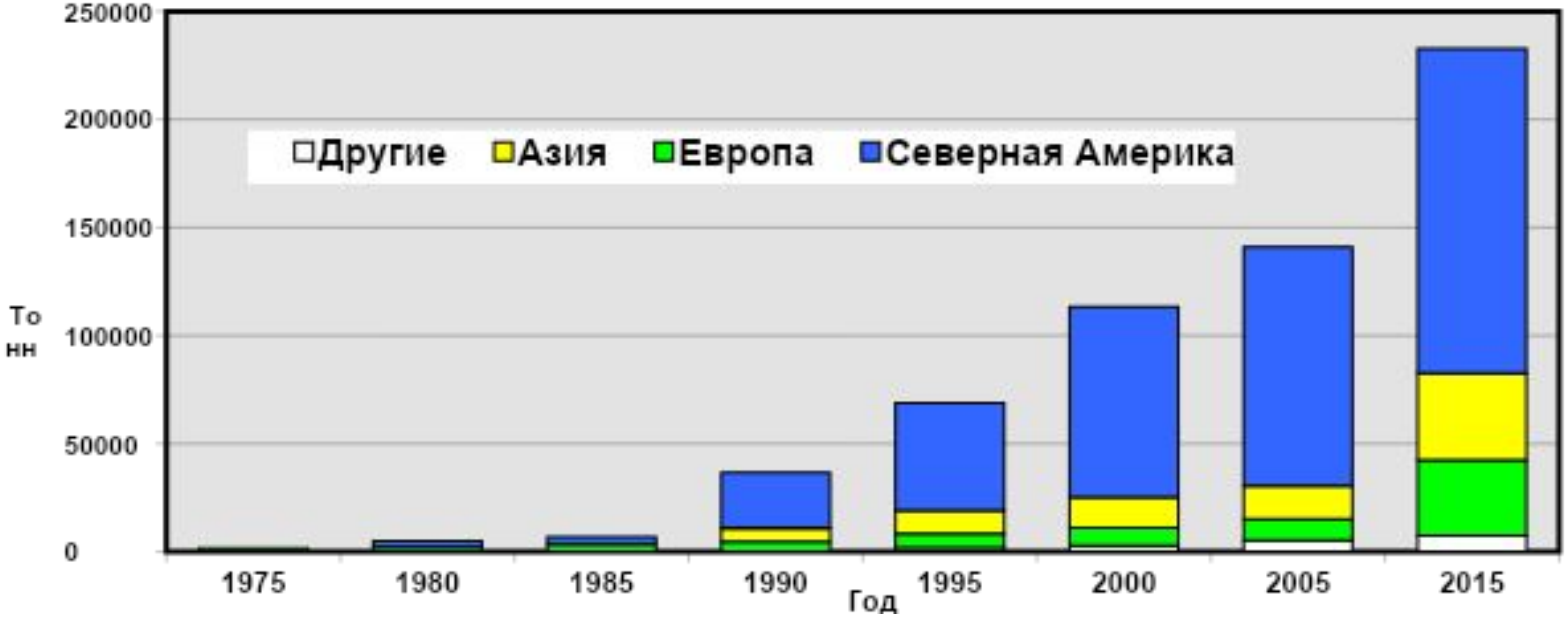


Рисунок 1. Динамика производства изотермически закаленного высокопрочного чугуна в мире

Проблемная ситуация

На сегодняшний отсутствуют нормативные документы, в которых были бы прописаны четкие требования по пробоподготовке перед проведением микроскопического исследования бейнитной структуры. Даже при максимальном использовании возможностей оптического микроскопа трудно обеспечивать достоверную идентификацию этой промежуточной структурной составляющей в чугуне. В связи с этим актуальной является необходимость создания методики, позволяющей объективно распознать бейнит в структуре чугуна.

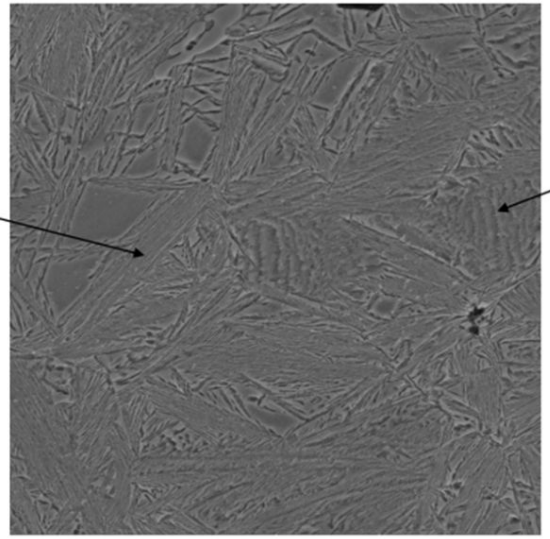
Анализ предметной области

Анализ существующих методов и методик контроля бейнита

Метод	Преимущества	Недостатки
Электронная микроскопия (сканирующая, просвечивающая)	Высокая разрешающая способность. Высокий контраст изображения.	Сложная подготовка образцов. Дорогостоящее оборудование.
Атомно-силовая микроскопия	Количественная оценка поверхности образца, как на нетравленой поверхности, так и после химического травления.	Низкая скорость сканирования поверхности. Дорогостоящее оборудование.
Рентгеноструктурный анализ (метод дифракции обратно рассеян-ных электронов (EBSD))	Дает информацию об ориентации кристаллов и помогает в идентификации фаз с разной кристаллической структурой.	Тщательная подготовка образца. Дорогостоящее оборудование.
Определение микротвердости	Менее дорогостоящее оборудование, простота идентификации	Количественная оценка требует авто-матизированных ком-плексов и специаль-ных образцов
Оптическая микроскопия	Менее дорогостоящее оборудование	Сложность иденти-фикации, отсутствие методик
Металлографический контроль по методу шкал	Простота идентификации	Субъективность эталонных структур и «человеческий фактор»

Анализ предметной области

Мартенсит



Бейнит

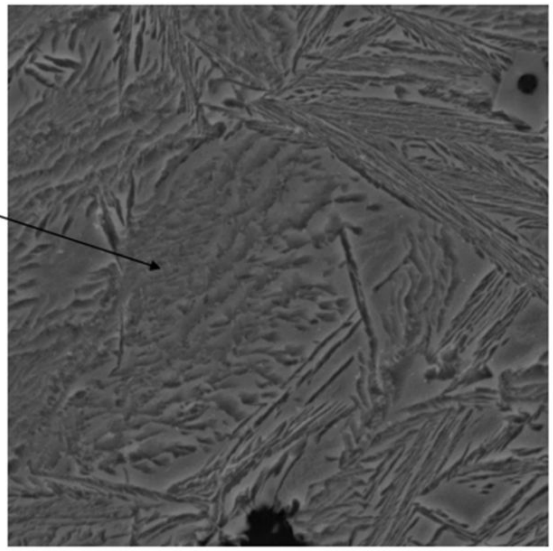
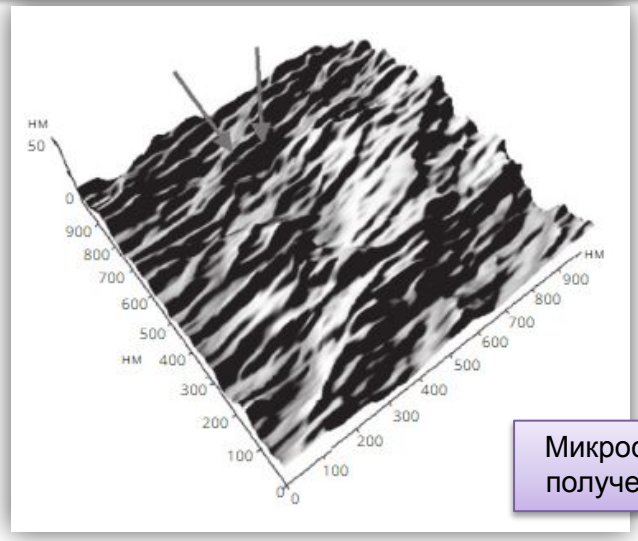


Рисунок 2. Исследование микроструктуру Fe-C сплава для идентификиции бейнита и мартенсита с применением электронного микроскопа



Микроструктура Fe-C сплава для идентификиции бейнита, полученная с применением атомно-силовой микроскопии

Цели и задачи

Цель

Разработать методику приготовления микрошлифа, обеспечивающую четкую идентификацию бейнитной составляющей в металлической матрице на примере чугуна с шаровидным графитом

Задачи

- Провести анализ существующих методов и методик контроля бейнита в железоуглеродистых сплавах.
- Изготовление микрошлифа экспериментального образца высокопрочного чугуна с шаровидным графитом.
- Определение микротвёрдости экспериментального образца
- Выбор режима теплового травления для идентификации бейнита в микроструктуре экспериментального образца.
- Металлографический анализ экспериментального образца.
- Разработка методики приготовления микрошлифа, обеспечивающую четкую идентификацию бейнитной составляющей в металлической матрице.

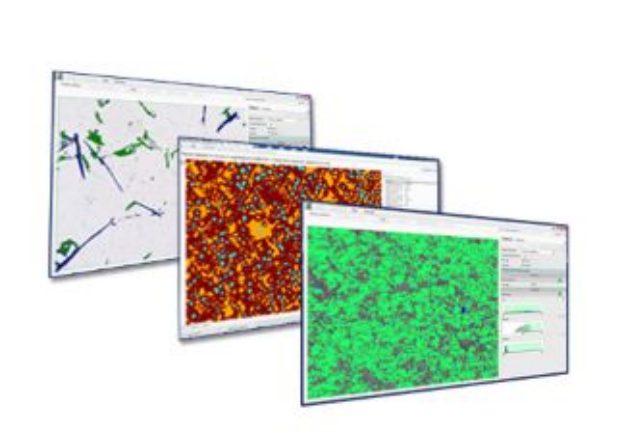
Оборудование

А)

Б)

В)

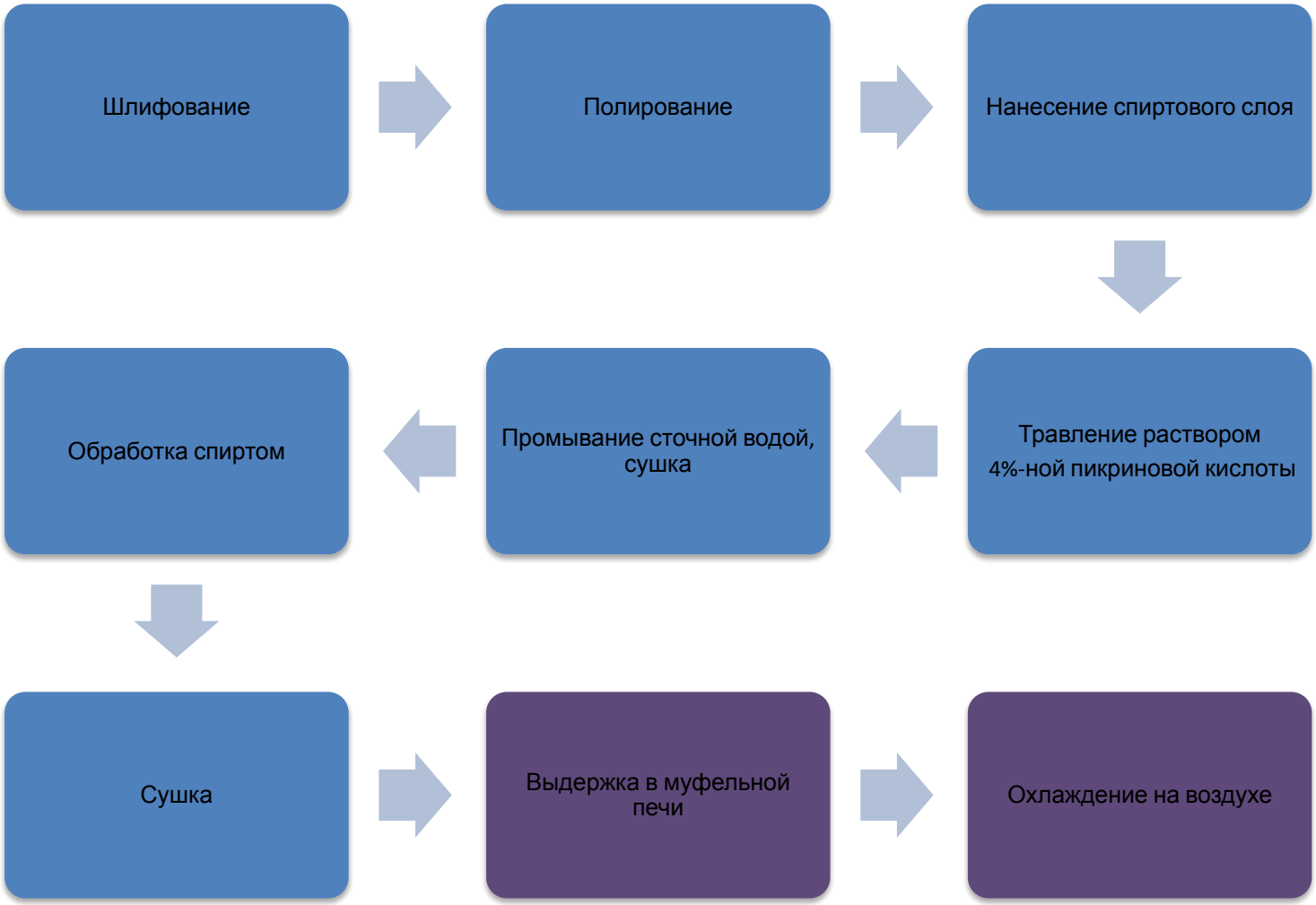
Г)



Д)

Рисунок 4. Оборудование, используемое в процессе проведения исследования: а) отрезной станок METKON METACUT 351; б) шлифовально–полировальный станок BUEHLER MetaServ; в) оптический микроскоп Neophot 32; г) муфельная печь МИМП-3П; д) анализатор изображений SIAMS 800

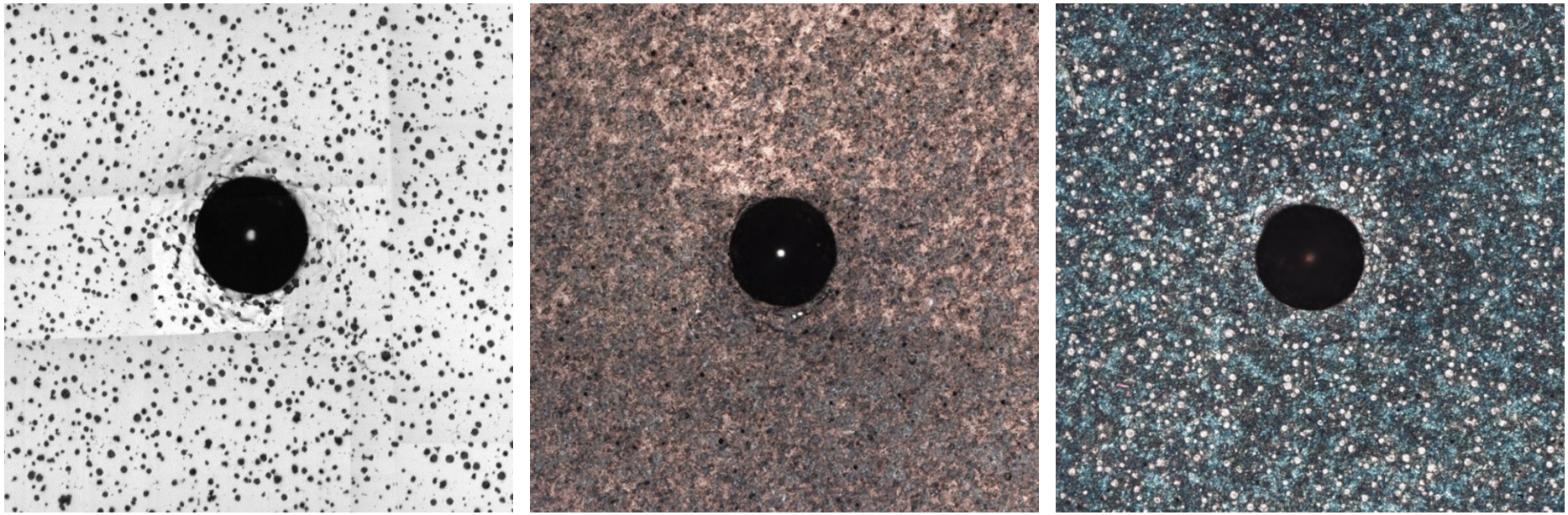
Экспериментальная часть



Алгоритм получения травленых микрошлифов

Экспериментальная часть

Металлографический анализ проводили с помощью оптического микроскопа Neophot-32 и автоматического компьютерного металлографического анализатора изображений SIAMS 800. Благодаря наличию метки удалось отснять один и тот же участок микрошлифа до травления, после травления методом №1 и №2 соответственно. Визуальное отличие образца после стандартного и теплового травления состоит в том, что после второго метода травления шлиф приобрел сине-фиолетовый оттенок

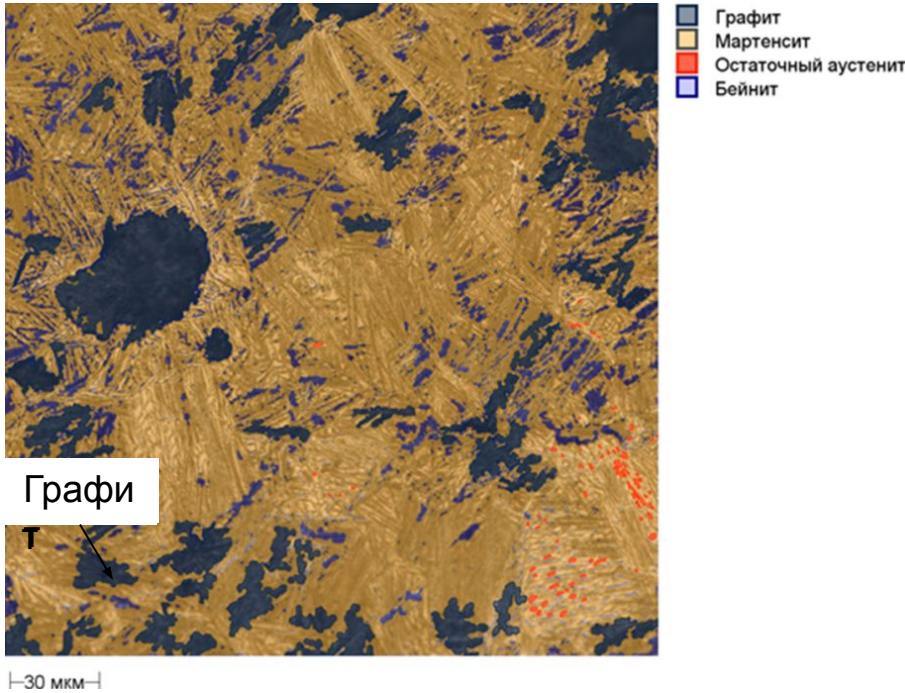


а) б) в)

Микроструктура высокопрочного чугуна (х100), площадь анализа - 10,2 кв. мм
а) до травления; б)после травления №1; в) после травления №2

Экспериментальная часть

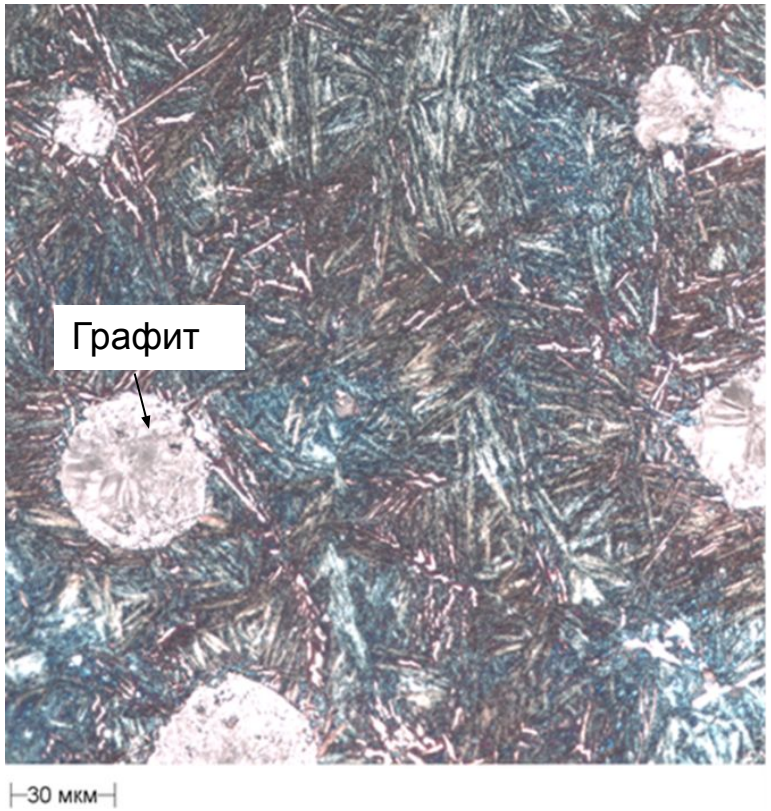
Применение в автоматическом режиме стандартной методики «Многофазный анализ» программы SIAMS 800 показало, что существуют неточности при идентификации некоторых фрагментов структур. Так, например, анализ изображения образца после травления способом № 1 показал, что сравнительно большое количество бейнита программа автоматически распознаёт как мартенсит, некоторые затемненные участки игольчатой структуры металлической основы программа идентифицирует как графит.

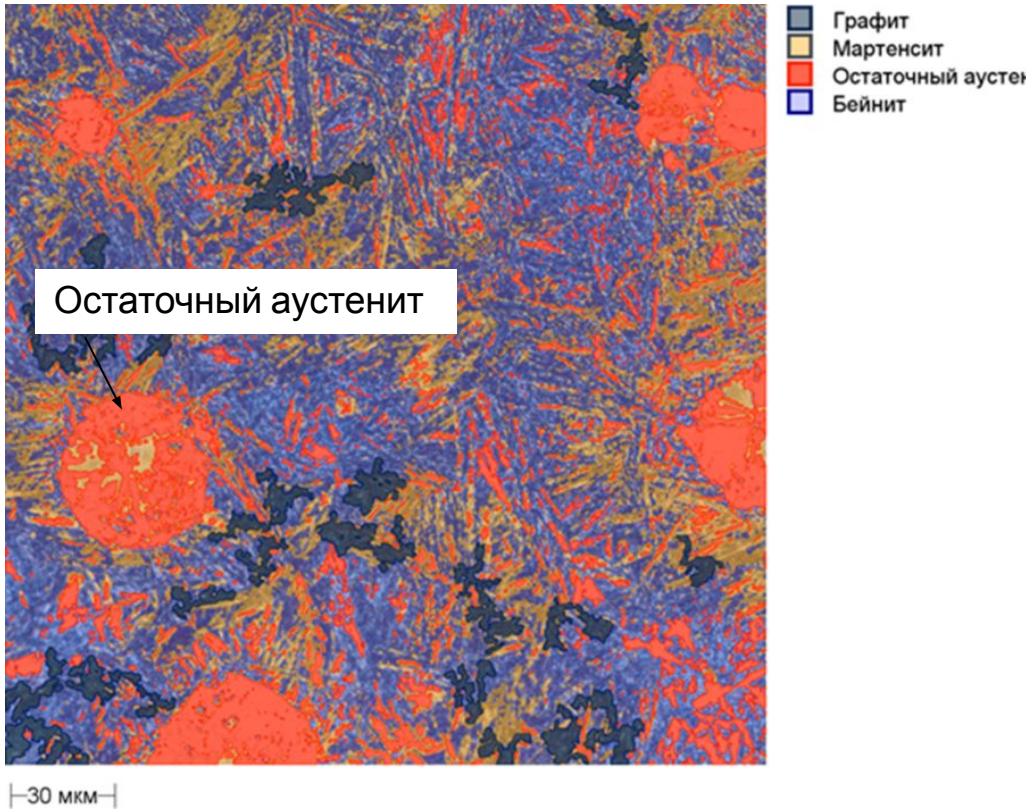


Результаты анализа цифровых изображений микроструктур после травления методом №1 в автоматическом режиме: а) без фильтров; б) с фильтрами

Экспериментальная часть

В то же время для изображения полученного травлением по способу № 2 таких искажений значительно меньше. При анализе цифровых изображений образца после травления способом № 2 практически все графитовые включения учитываются программой как остаточный аустенит.





Результаты исследования

1. Подтверждена гипотеза об отсутствии методик производственного контроля микроструктуры АБЧ, в частности количественного контроля бейнитной составляющей в матрице этого чугуна

2. Основной производственный метод контроля микроструктуры чугуна (ГОСТ 3443-87) не позволяет идентифицировать бейнит в микроструктуре матрицы чугуна. Основной причиной этого является затрудненная идентификация бейнита и мартенсита с использованием традиционных методов приготовления микрошлифов.

3. Согласно ГОСТ 3443-87 подобран исходный реактив для проведения теплового травления

4. Исходя из литературных источников подобран режим теплового травления (время выдержки – 5,5 часов при температуре 260 ^{0}С.

5. Исследования подтвердили, что благодаря тепловому травлению возможно добиться более четкой идентификации бейнита в чугуне. Тем самым я убедился, что двигаюсь в верном направлении.

Выводы и перспективы проекта

К перспективам развития проекта можно отнести:

1. Анализ влияния иных реактивов на результаты теплового травления

2. Расширение диапазона времени выдержки и температур для подбора болеее эффективного режима теплового травления.

3. Составление перечня рекомендаций для разработчиков автоматических анализаторов изображений.

4. Апробация работы в реальных производственных условиях, например в специализированных лабораториях ПАО КАМАЗ.

Спасибо за внимание!