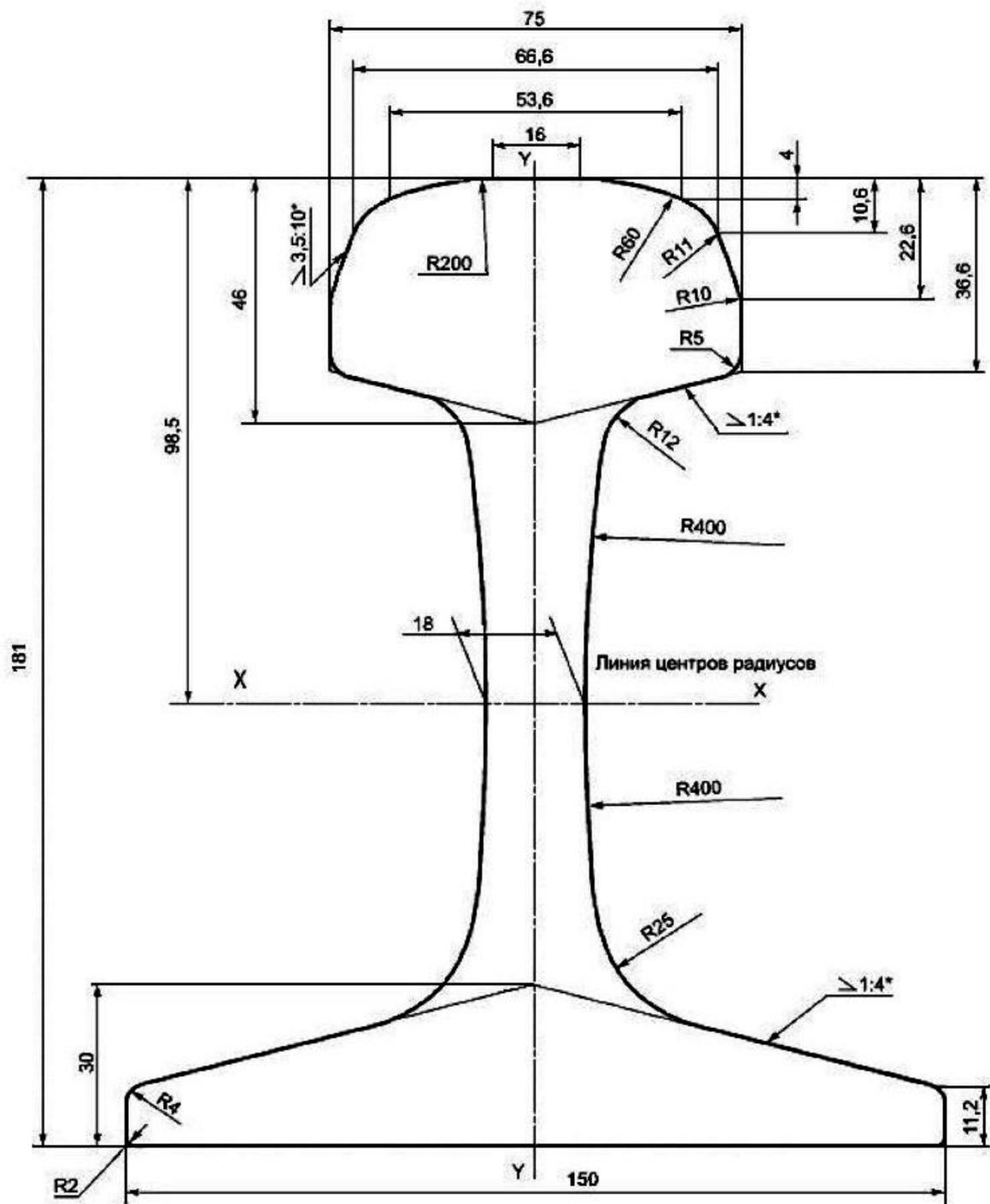


**Технология изготовления
высоконагруженного
железнодорожного рельса из
заэвтектоидной стали и изучение
дефектов головки рельса**

Купцов Роман Алексеевич



Железнодорожный
рельс типа Р65

Химический состав стали марки К90АФ

Марка стали	Массовая доля элементов, %								
	Углерод С	Марганец Mn	Кремний Si	Ванадий W	Хром Cr	Азот N	Фосфор P	Сера S	Алюминий Al
	Не более								
90АФ	0,83-0,95	0,75-1,25	0,25-0,60	0,08-0,15	Не более 0,20	0,010- 0,020	0,020	0,020	0,004

Примечание – К обозначению марки стали добавляют спереди букву “К” для конвектерной стали

Схема технологического цикла изготовления рельсов

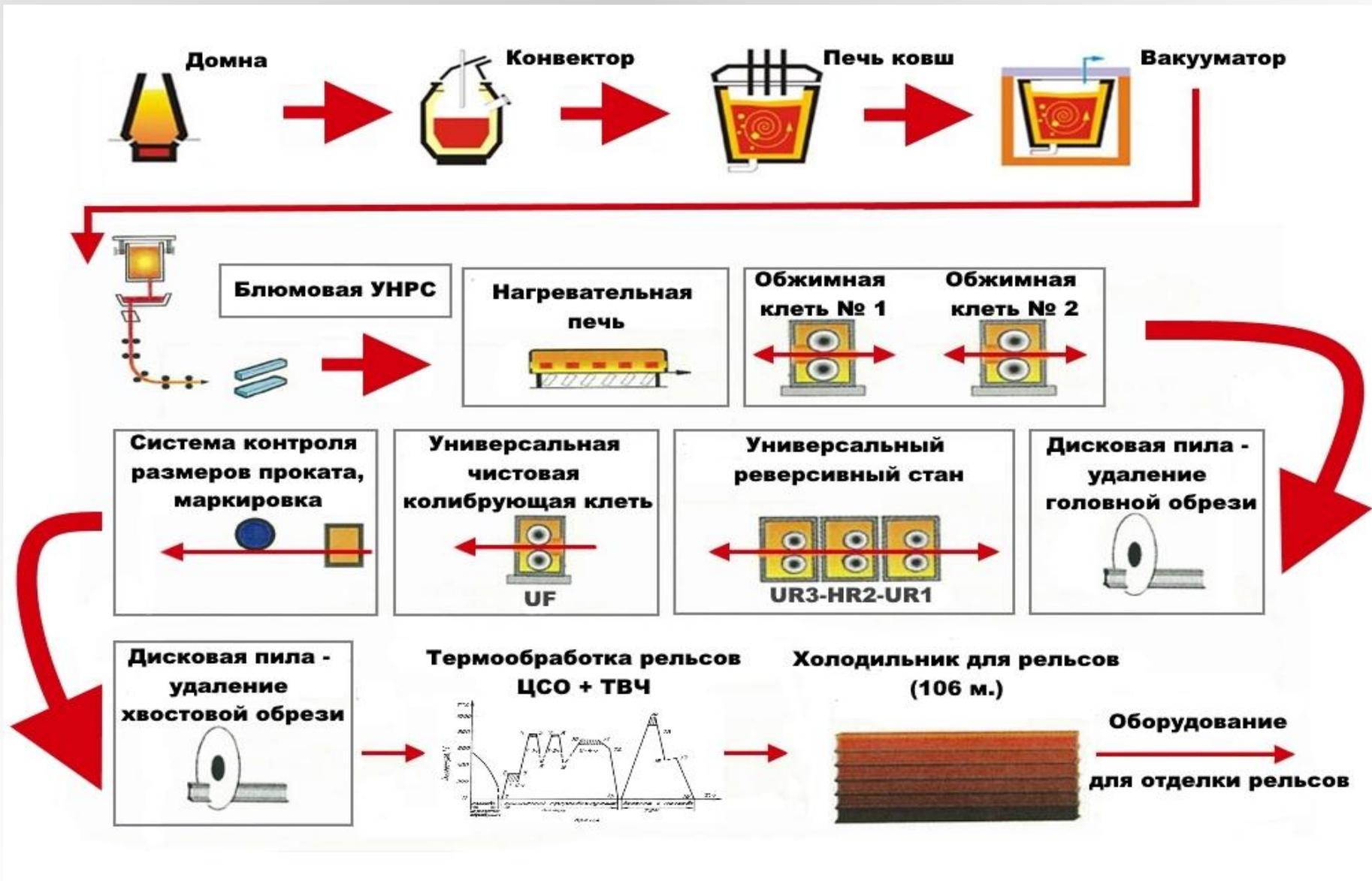
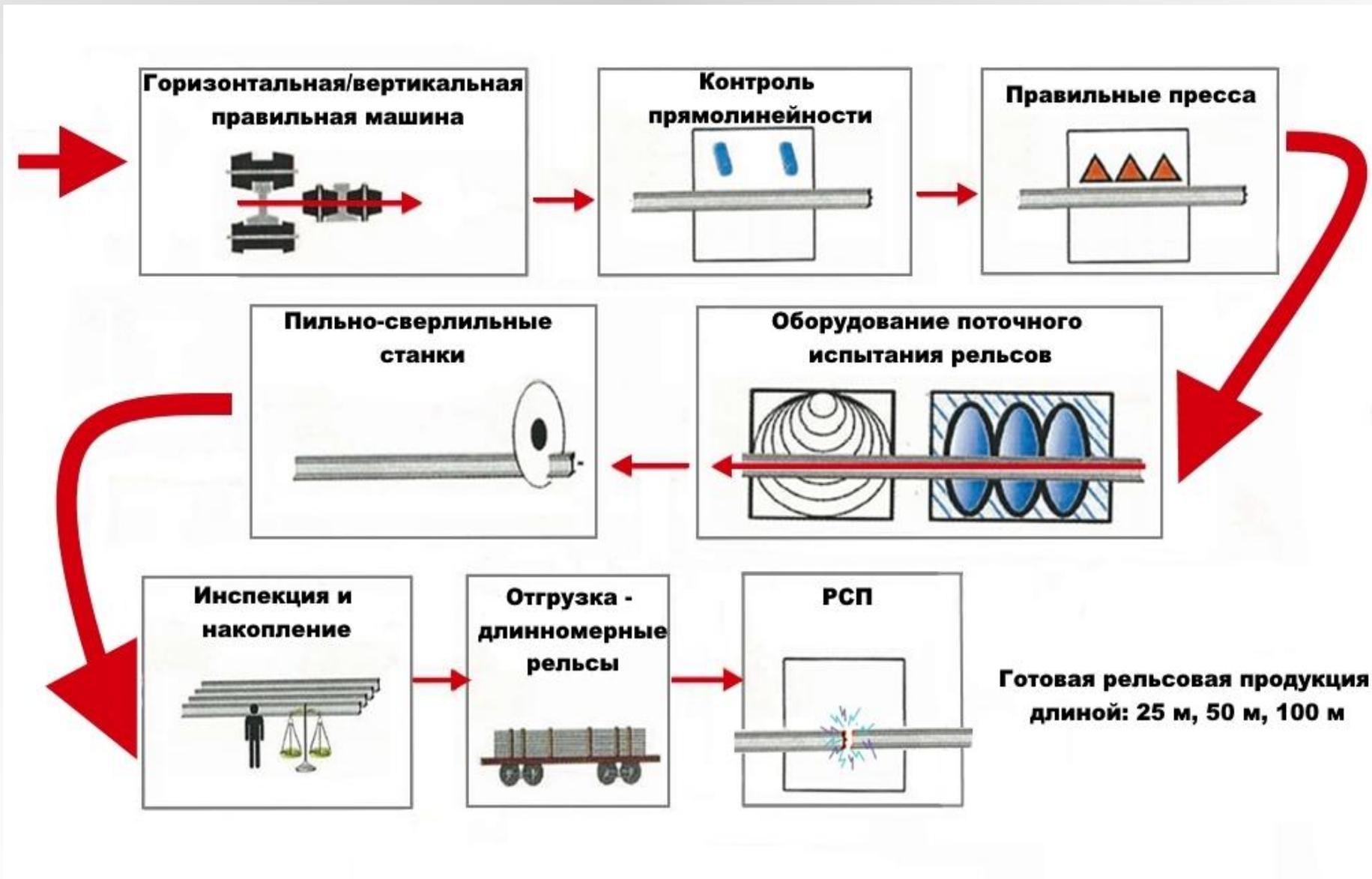


Схема технологического цикла изготовления рельсов



Улучшение геометрии и однородности структуры материала рельсов при универсальной прокатке



асимметрия

Обычная прокатка



симметрия

*Хорошая
Точность
размеров*

*Универсальный метод
прокатки*

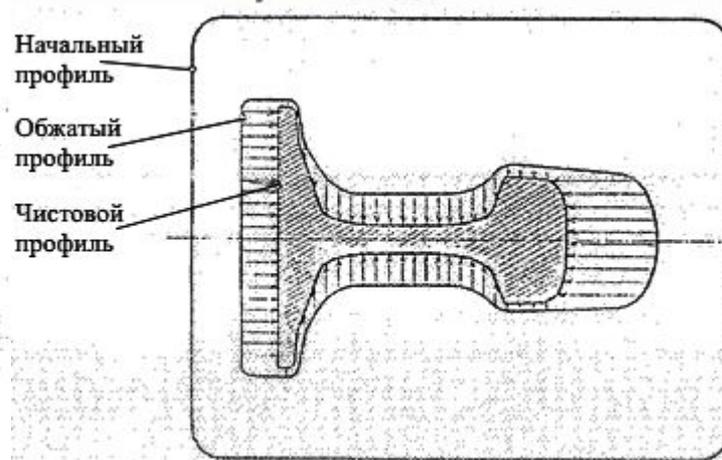
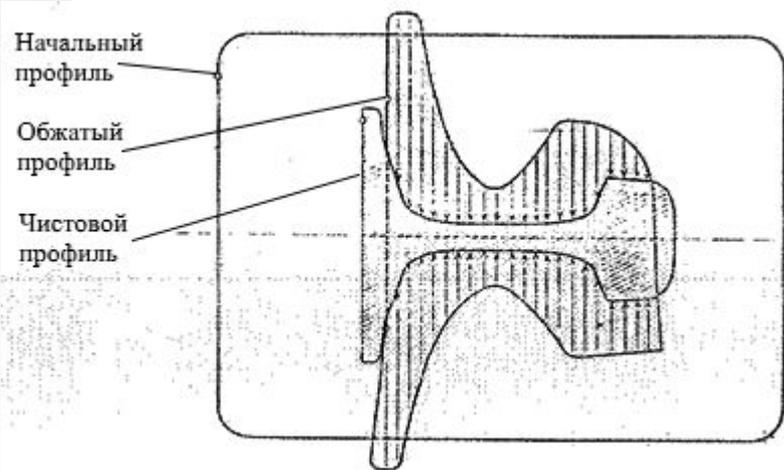
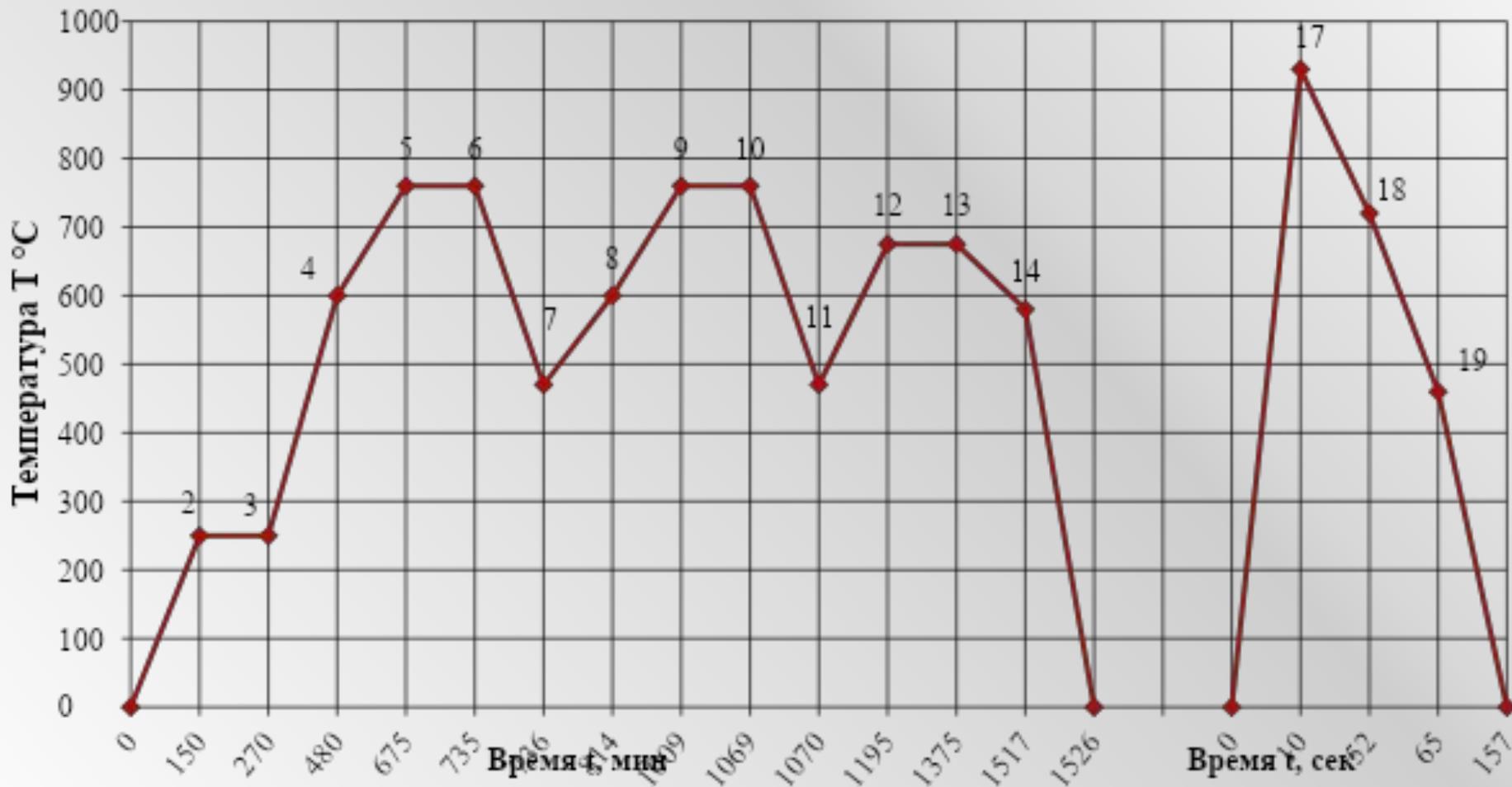
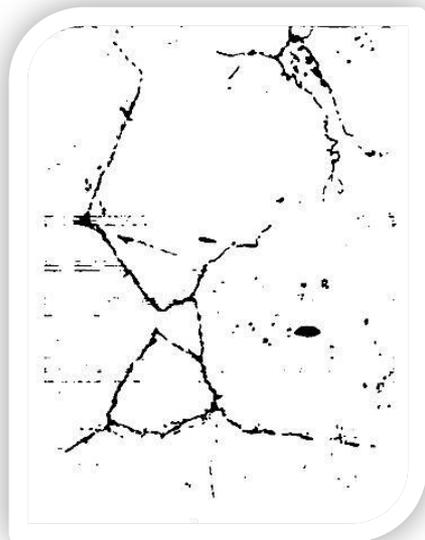


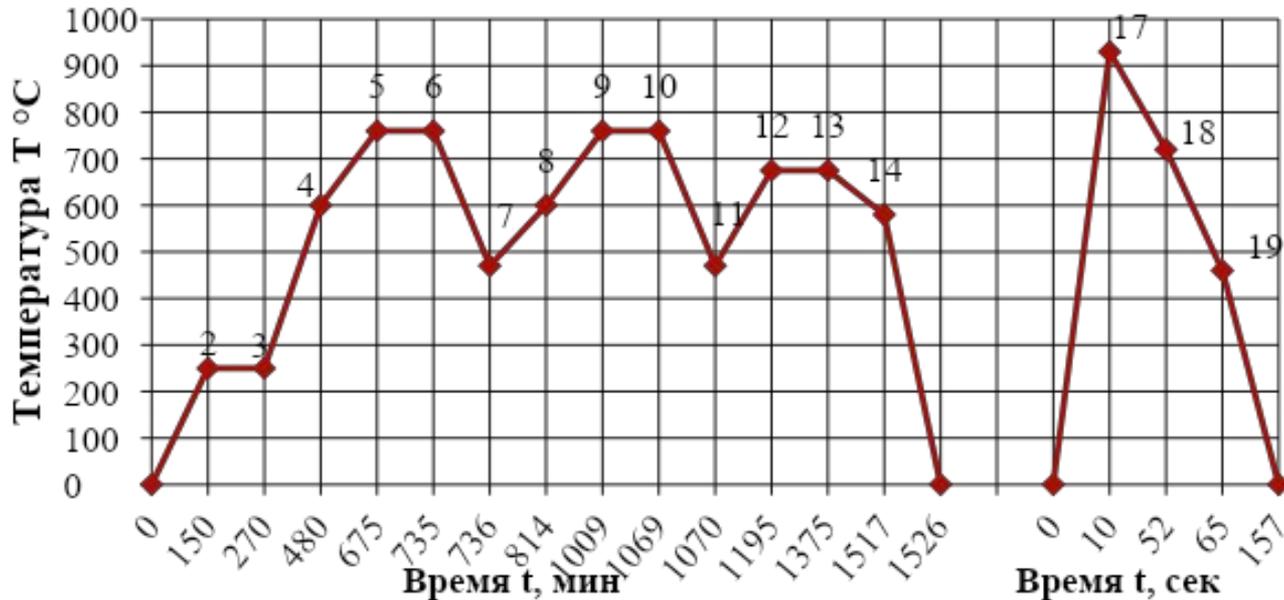
График циклического сфероидизирующего отжига с закалкой головки рельса с индукционного нагрева ТВЧ



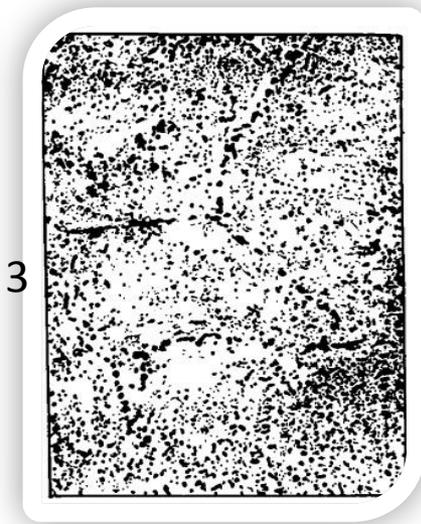
Разрушение сплошной цементитной сетки и её сфероидизация



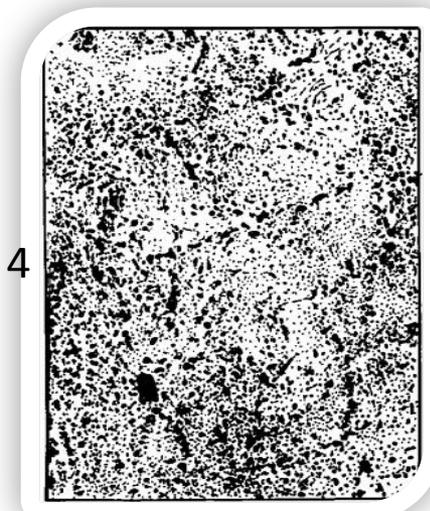
после прокатки



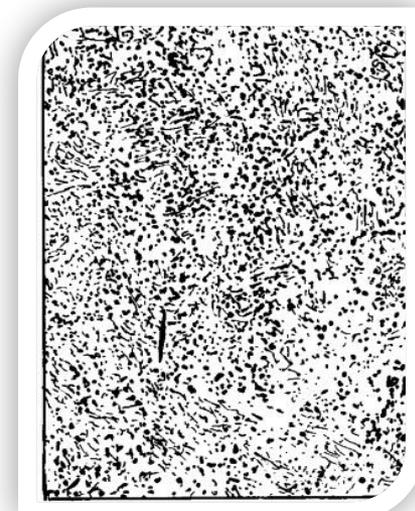
этап 1-3



этап 1-7

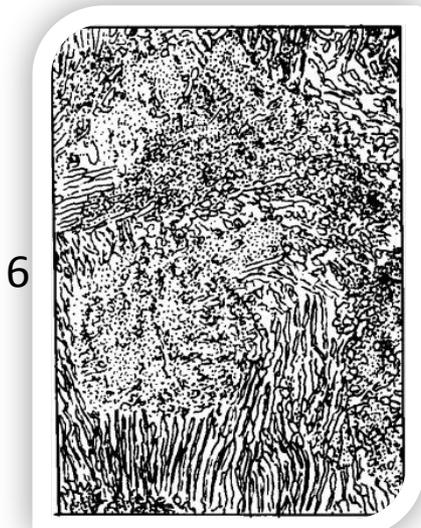
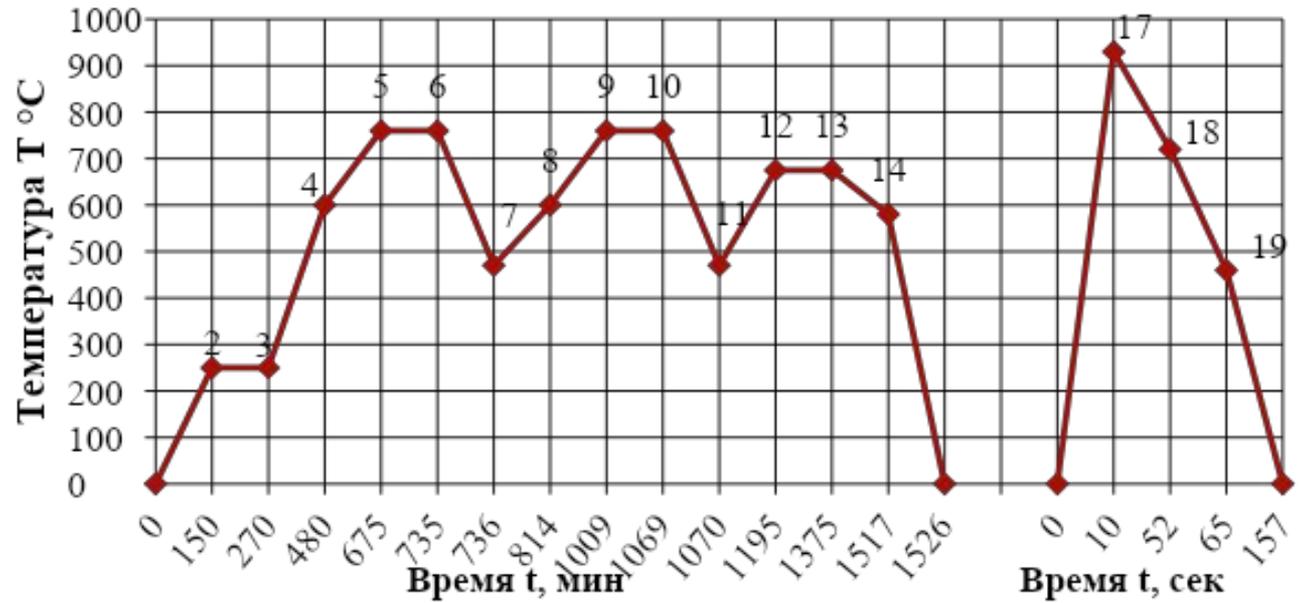


этап 1-11



этап 1-15

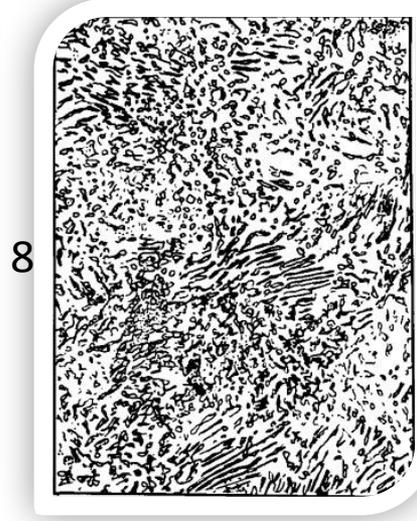
Сфероидизация основной карбидной фазы - перлита



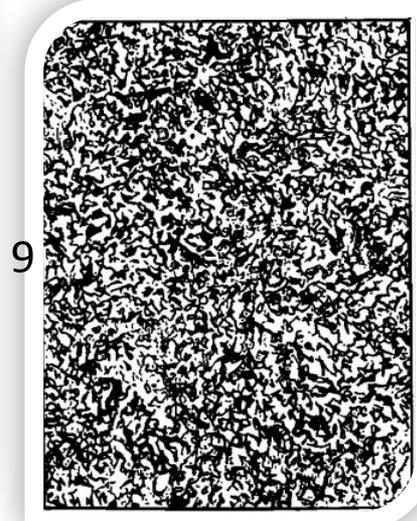
6 после прокатки



7 этап 1-7

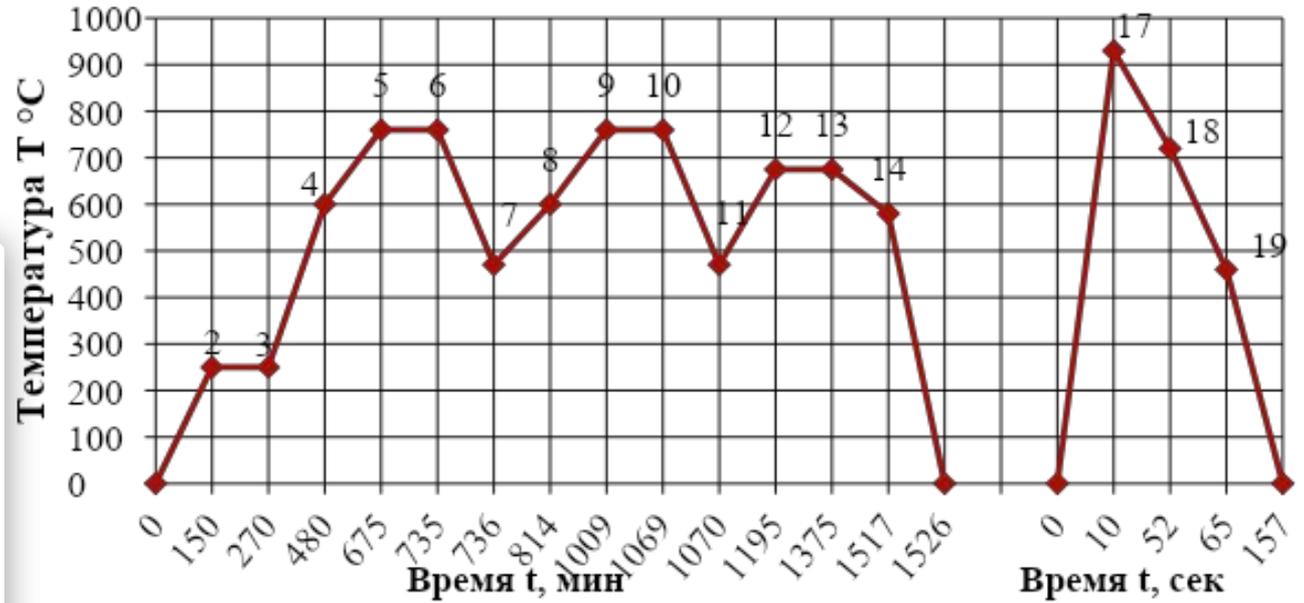


8 этап 1-11



9 этап 1-15

Структура металла закалённого слоя головки рельса после циклического сфероидизирующего отжига и закалки с нагрева ТВЧ



Результаты расчётов режимов двойной термической обработки

Стадия ТО			
1-й этап ЦСО	150	120	-
2-й этап ЦСО			
1 цикл	405	60	1
2 цикл	273	60	1
3-й этап ЦСО	125	180	142 9
Закалка головки рельса ТВЧ	0,17	-	0,28 0,1

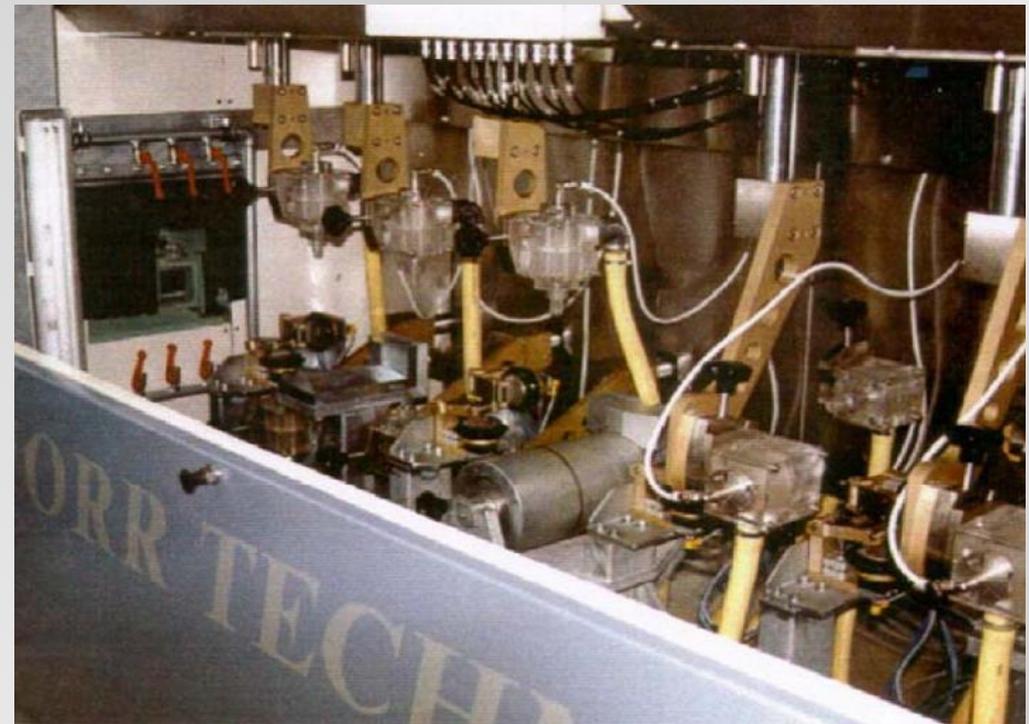
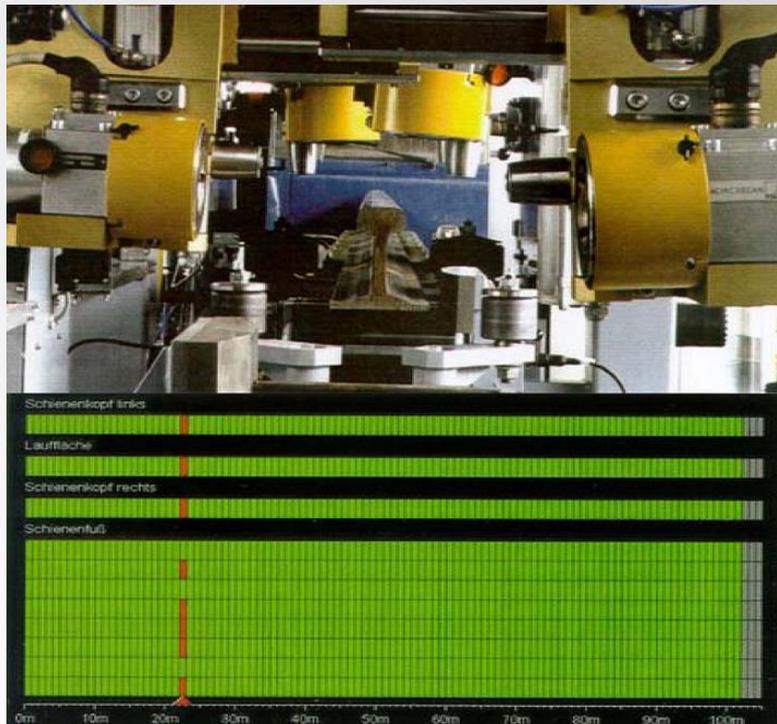
Полное время процесса термической обработки: 1527 мин ~ 25,5 ч

Механические свойства металла рельсов при термообработке

Тип рельсовой стали	Твёрдость, НВ	Структура				
Углеродистая заэвтектоидная с 0,83-0,95 % С	280	После прокатки				
		пластинчатый перлит	972	6,3	8,8	16
	210	После отжига				
		зернистый перлит	780	19,8	52,0	54
	После двойной термической обработки					
	<u>Головка</u>					
	400	троостит	1400	9,8-10,5	30-31	22-24
	<u>Шейка и подошва</u>					
210-220	мелкозернистый перлит	805	17,8-19,2	38-40	40-41	

Технология неразрушающего контроля рельсов в потоке

- Лазерно-оптическое измерение с высокой разрешающей способностью;
- Тестирование поверхности методом вихревого тока;
- Ультразвуковое тестирование по сечению;
- Многоцветная маркировка.



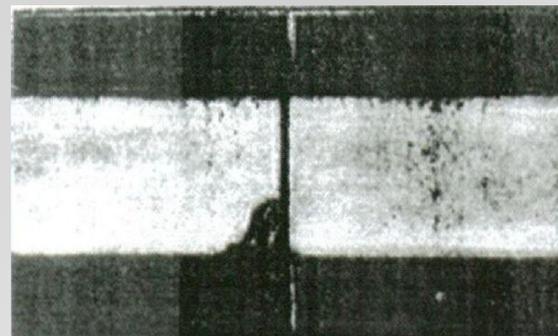
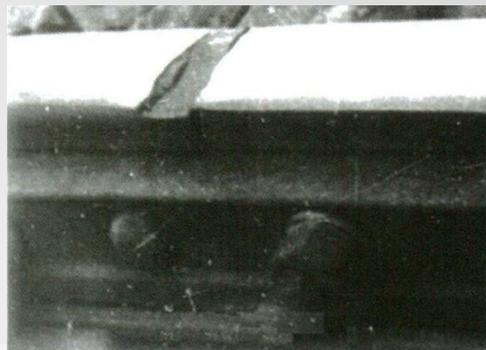
Дефекты головки рельса, связанные с нарушением технологии процесса термической обработки

Отслоение и выкрашивание металла на поверхности катания в закалённом слое головки рельса



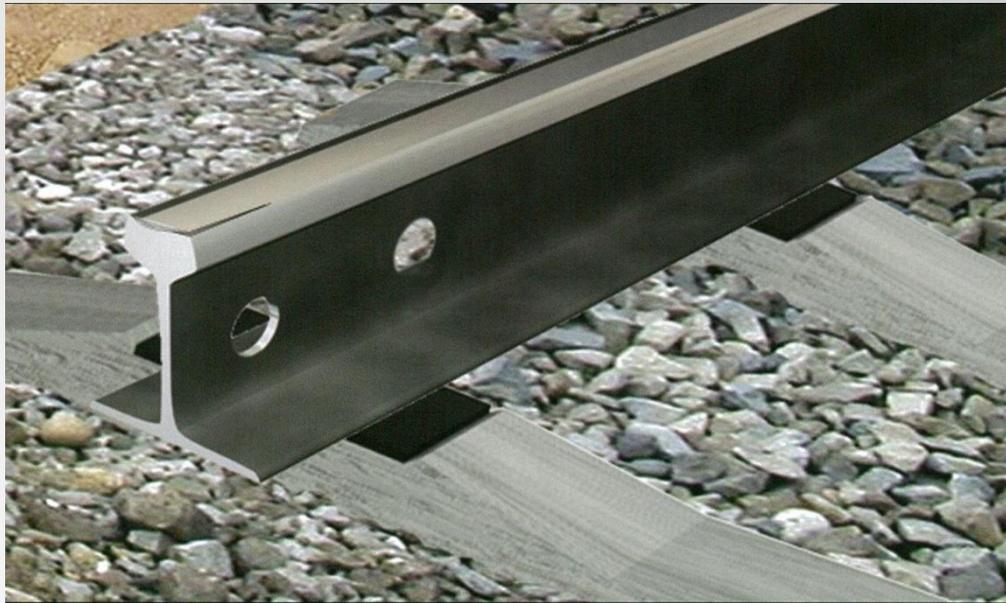
Причина образования дефекта:

- нарушение технологической закалки рельсов с образованием в закалочном слое зоны мартенсита или зоны местного неравномерного перехода по твёрдости от закалённого к незакалённому слою металла.



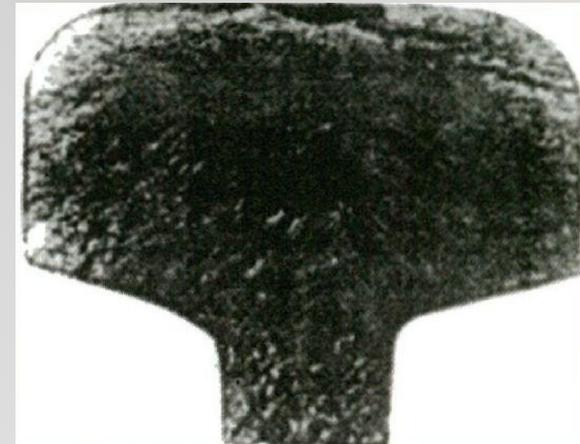
Дефекты головки рельса, связанные с нарушением технологии процесса термической обработки

Закалочные трещины в закалённом слое металла головки рельса



Причина образования дефекта:

- нарушение технологии закалки рельсов; неравномерный нагрев и охлаждение в процессе закалки.



Заключение

Применение марки стали К90АФ с заэвтектоидным содержанием углерода в пределах 0,83-0,95 % для изготовления высоконагруженных железнодорожных рельсов, обеспечивает помимо высокой износостойкости и контактно-усталостной прочности, высокое сопротивление к хрупкому разрушению, гарантирующим надежность в эксплуатации. Это позволяет использовать данную сталь для изготовления рельсов, работающих в условиях повышенной износостойкости.

Основным фактором, способствующим повышению конструкционной прочности рельсов, является двойная термическая обработка, включающая циклический сфероидизирующий отжиг на зернистый перлит и последующую закалку головки рельсов с индукционного нагрева ТВЧ.

Окончательная термообработка головки рельса с нагрева ТВЧ приводит к образованию в закалённом слое металла головки мелкозернистой формы карбидной фазы и высокодисперстной структуры - троостита с высокими значениями характеристик кристаллической структуры.