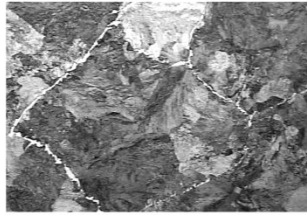


# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА



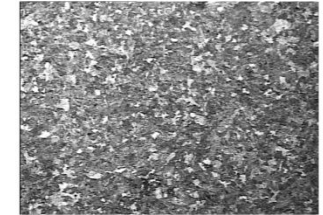
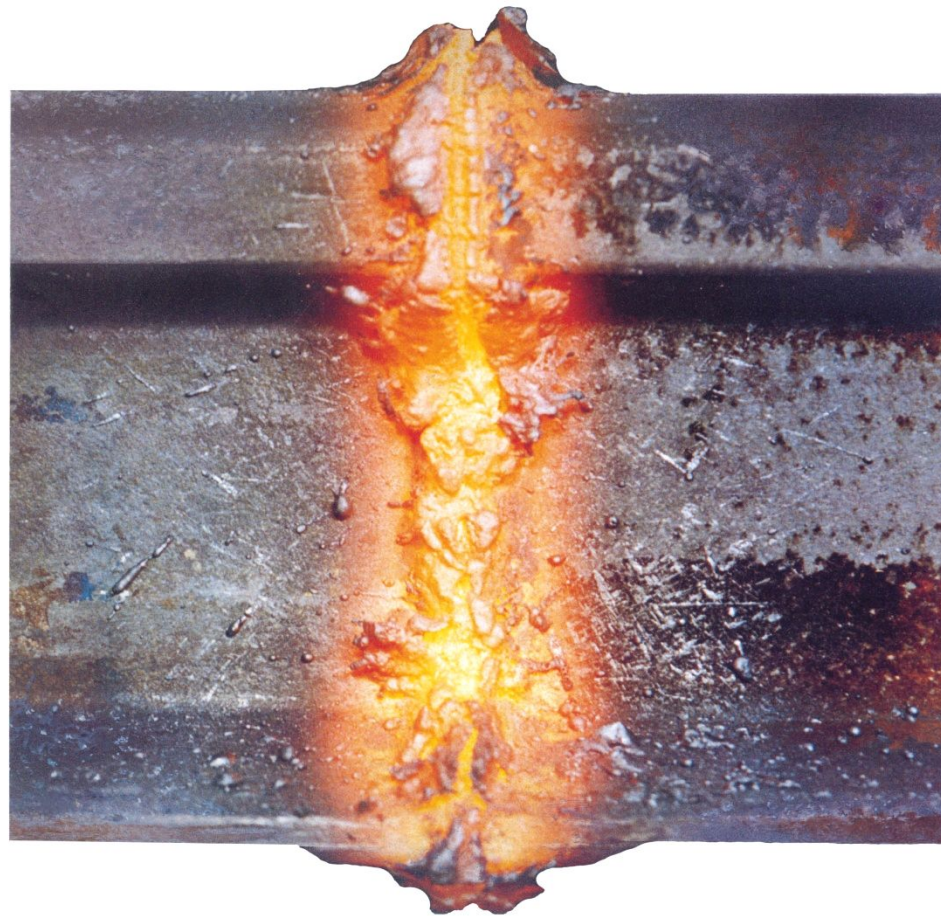
1



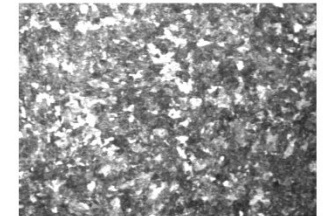
2



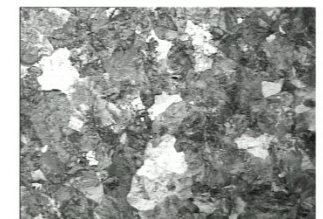
3



4



5



6



1 2 3 4 5 6

1 – шов; 2, 3, 4, 5 – зоны неполного расплавления металла, крупного и мелкого зерна, неполной нормализации;

6 – основной металл

## ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

При анализе макро- и микроструктуры сварного стыка выделяется шов и зона термического влияния. Ширина зоны термического влияния сварного стыка составляет 40 - 80 мм. Микроструктура сварных стыков по длине разделяется на шесть зон в такой последовательности.

1. Шов шириной 0,5...1 мм выделяется в виде светлой обезуглероженной полоски и поперечного поворота волокон.
2. Зона неполного расплавления металла шириной 1...1,5- мм, возможны легкоплавкие скопления и рыхлости.
3. Зона крупного зерна шириной 10...15 мм образуется в результате перегрева и рекристаллизации (образование и рост зерен за счет исходных деформированных зерен).
4. Зона мелкого зерна шириной 10...15 мм появляется после перекристаллизации металла (образование новых кристаллов из кристаллов прежней модификации при охлаждении - из аустенитной структуры в перлитную).
5. Зона неполной нормализации шириной 5...10 мм с переходом к основному металлу.
6. Основной металл: для термоупрочненных рельсов - мелкодисперсный перлит (троостосорбит или сорбит закалки), для не термоупрочненный – пластинчатый перлит.

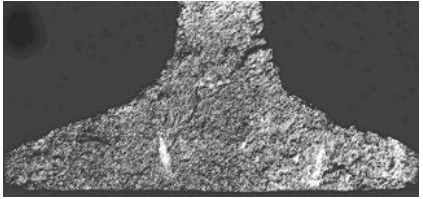
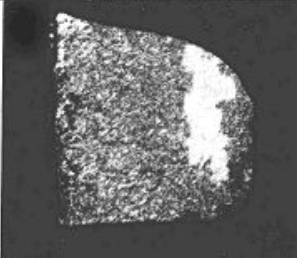
Ширина зоны влияния зависит, прежде всего, от теплового режима, т. е. чем длительнее нагрев и выше его температура, тем дальше распространяются температуры, превышающие критические точки. Поэтому при контактной сварке оплавлением зона влияния тем шире, чем больше время сварки. При повышенных напряжениях в процессе оплавления и последующей осадки без достаточного разогрева металла, когда тепло не успевает распространиться достаточно далеко вглубь рельса, может возникнуть эффект «холодной сварки». Поэтому для «холодной сварки», вместе с ее характерными дефектами, типична также и сравнительно узкая зона термического влияния.

# ДЕФЕКТЫ ХАРАКТЕРНЫЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО СПОСОБА СВАРКИ РЕЛЬСОВ

Наименование дефекта	При каких условиях появляется	Характерные признаки при осмотре излома на гидравлическом прессе	Природа происхождения	Изображение
Рыхлость (в окисленном виде известен как пережог)	Затяжная сварка, слабое давление осадки или неравномерный разогрев сечения; высокое содержание фосфора и серы	Чаще всего окисленный (темный или с цветами побежалости), редко светломатовый зернистый излом	Застывание полурасплавленной зоны без действия осадки или наличия растягивающих напряжений с образованием усадочной рыхлости между кристаллами	
Неполная сварка (плоский излом, несплавление)	По-видимому, при недостаточном разогреве и подстуживании разведенных торцов (мало исследовано)	Плоское серое пятно; на серой поверхности иногда следы предварительной обработки торцов, иногда пятна черноватой окалины. Плоскость пятна перпендикулярна к оси рельса.	По-видимому сварка происходит в твердой фазе. Иногда на поверхности образуется тонкая пленка литого металла и крупные силикатные включения.	
Пузыри (свищи) и непровары	«Холодная сварка» (слишком высокая степень трансформатора, преждевременная осадка еще неравномерно разогретого стыка); иногда слабое давление осадки при нормальном режиме тока	Круглые или овальные, четко очерченные углубления с плавно закругленным или плоским дном (пузыри); такие же углубления с плавными очертаниями краев (непровары). Поверхность их гладкая, блестящая, при доступе воздуха окисленная. Часто окружены кратерной усадкой, иногда с серой или черной (окисленной) каймой рыхлости по границам зерен. Величина и количество в сечении рельса-любые. Иногда в них имеются продольные рванины.	Газовые включения в мало осажённых кратерах, происшедшие от реакции окислов с углеродом стали.	



# ДЕФЕКТЫ ХАРАКТЕРНЫЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО СПОСОБА СВАРКИ РЕЛЬСОВ

Наименование дефекта	При каких условиях появляется	Характерные признаки при осмотре излома на гидравлическом прессе	Природа происхождения	Изображение
Кратерная усадка	То же	Плоское светло-серебристое, с цветами побежалости или черное (окисленное) пятно, иногда сероватое или с серой каймой. Чаще возникает одновременно с пузырями и непроварами; иногда внутри пятна пузырь. Размеры и количество –любые.	Скопление обогащенного примесями легкоплавкого металла в кратере между торцами стыка, застывающего без давления с образованием усадочной рыхлости.	
Силикатное скопление (серое)	В малом количестве возможны при любых режимах сварки в стали, содержащей силикатные включения.	Плоское матово-серое пятно в любой части сечения. Редко бывает крупнее 20 миллиметров квадратных и в количестве более 2-3. Многочисленные пятна характерны для плохой осадки.	Объемные скопления малоподвижных включений силикатного стекла, задержавшихся в кратерах при выдавливании жидкого металла.	
Силикатное скопление (светлое)	В сталях, содержащих силикатные включения, образуются при высоких давлениях осадки.	Плоское пятно узкой и длинной формы, направленное всегда поперек сечения (в подошве вертикально, в шейке – горизонтально), серебристо-блестящее.	Скопление силикатов того же происхождения, что и серое силикатное включение.	
Поджог	При плохом контакте рельса с зажимами, попадании частиц грата и т.п.	Мелкозернистое небольшого размера пятно (иногда окисленное) на нижней стороне подошвы вдали от шва.	Закаленный или подплавленный участок с трещиной, возникшей вследствие местного разогрева неравномерно распределенным током и мгновенного охлаждения при последующем улучшении контакта из-за смятия частиц грата.	



# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

## Трещина



*Вид в изломе*



*Общий вид излома*



*Вид излома на макротемплете*

# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

## Трещина

### ХАРАКТЕРНЫЕ ПРИЗНАКИ

Поверхность излома кристаллическая или волокнистая с видимым местом начала трещины. Излом продольный и по плоскости шва.

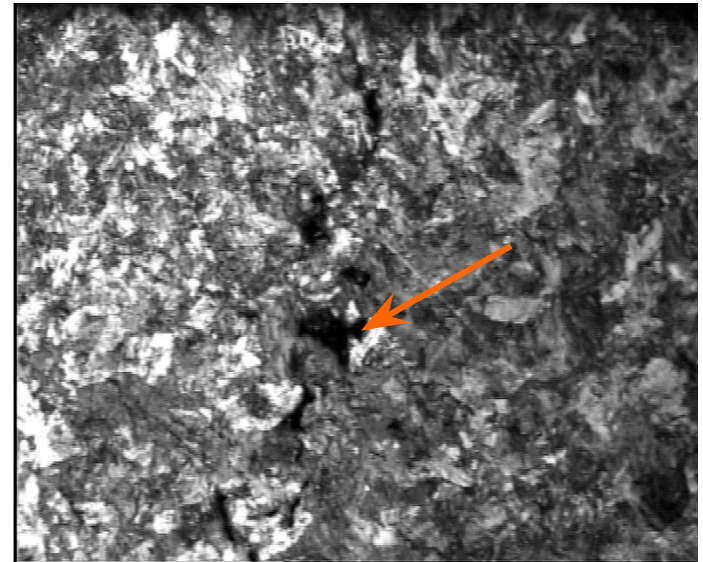
### ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ

Нарушение технологии абразивной резки или использование газовой кислородной резки при подготовке торцов рельсов к сварке. В процессе оплавления и осадки дефект увеличивается и распространяется в одну сторону от места сварки.

а



б



*Микроструктура*

*а, б – усадочные рыхлоты и неметаллические включения ×100*

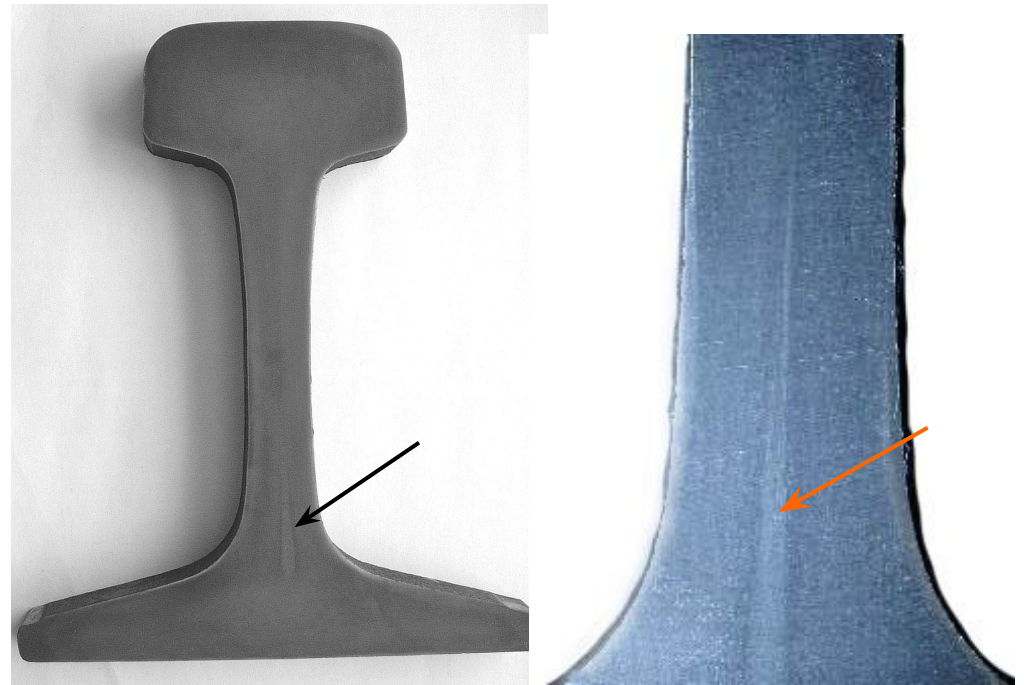


# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

## Продольное расслоение



*Вид в изломе*



*а*

*б*

*Вид излома на макротемплете*

*а. поперечный макротемплет,  
б. – ликвация в зоне расслоя*

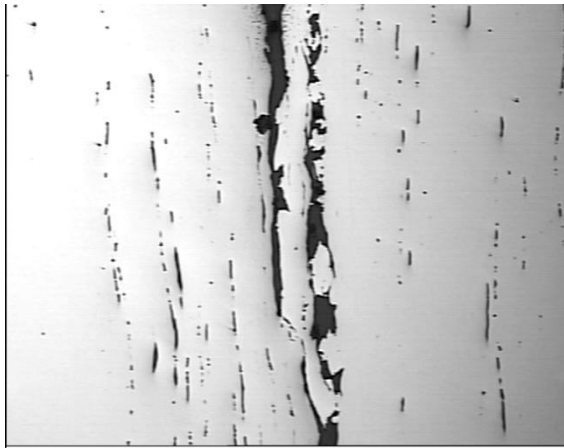


*Общий вид излома от продольного расслоения*

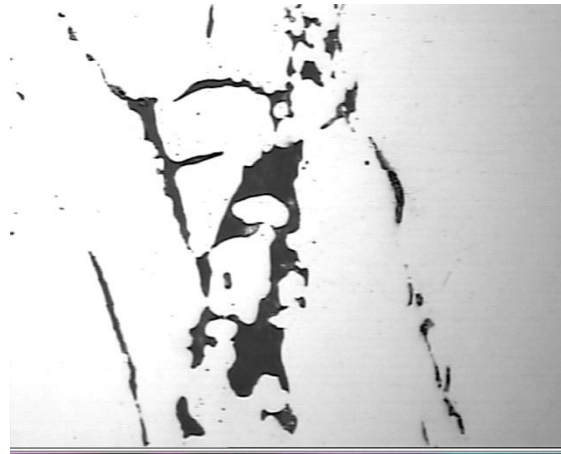


# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

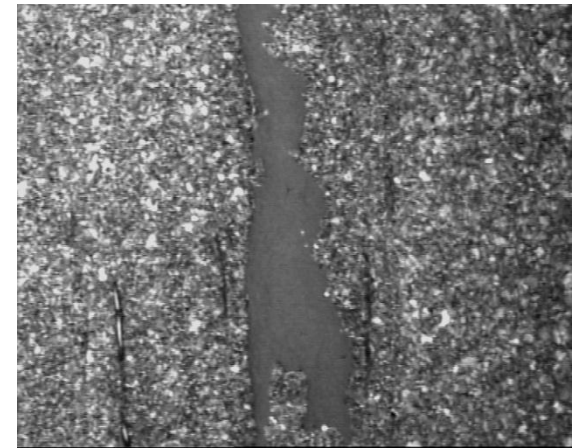
## Продольное расслоение



**a**



**б**



**в**

## Микроструктура

*a, б - неметаллические включения в зоне расслоя ( $\times 100$  и  $\times 500$ )  
в - крупное неметаллическое включения в зоне расслоя  $\times 100$*

## ХАРАКТЕРНЫЕ ПРИЗНАКИ

Продольные прямые или плавно изогнутые щели и ровные поверхности в изломе, направленные параллельно наружному контуру. Во II зоне они иногда заметно наклонены косо к плоскости стыка.

## ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ

Появляется в рельсах, содержащих прослойки включений (главным образом сернистых) под действием нагрева и осадки, особенно при высоких давлениях осадки.

# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

## Рыхлость (пережог)

**a**



**a**



**б**

*Вид в изломе*

*a – дефект в головке, б – дефект в шейке*



**б**

*Вид излома на  
макротемплете*

# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

## Рыхлость (пережог)

Микроструктура



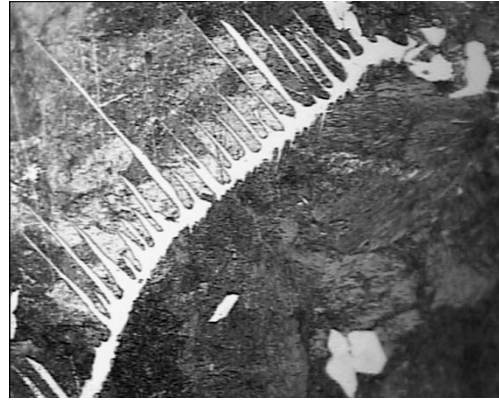
*a*



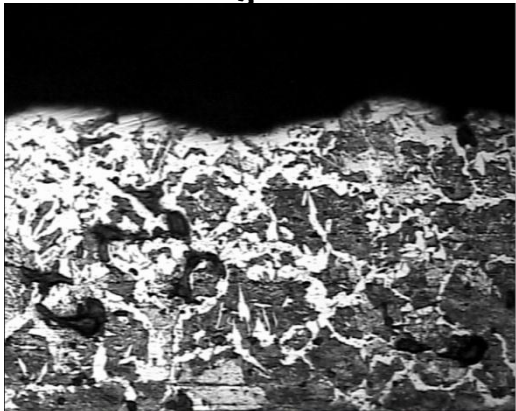
*б*



*в*



*г*



*д*



*a, б* – усадочные рыхлоты ( $\times 100$ );  
*в* – феррит, ориентированный по видманштетту ( $\times 500$ );  
*г* – утолщенная ферритная сетка ( $\times 200$ );  
*д* – скопления феррита и неметаллические включения в зоне излома ( $\times 200$ );  
*е* – невыдавленные неметаллические включения ( $\times 500$ )

## ХАРАКТЕРНЫЕ ПРИЗНАКИ

Чаще всего окисленный (темный или с цветами побежалости) редко светло-матовый зернистый излом. Рыхлости встречаются либо только у поверхности, либо поражают большую или меньшую площадь внутри сечения. При сильном развитии такого дефекта обычно имеется заметно развитая рыхлость также и по другую сторону излома.

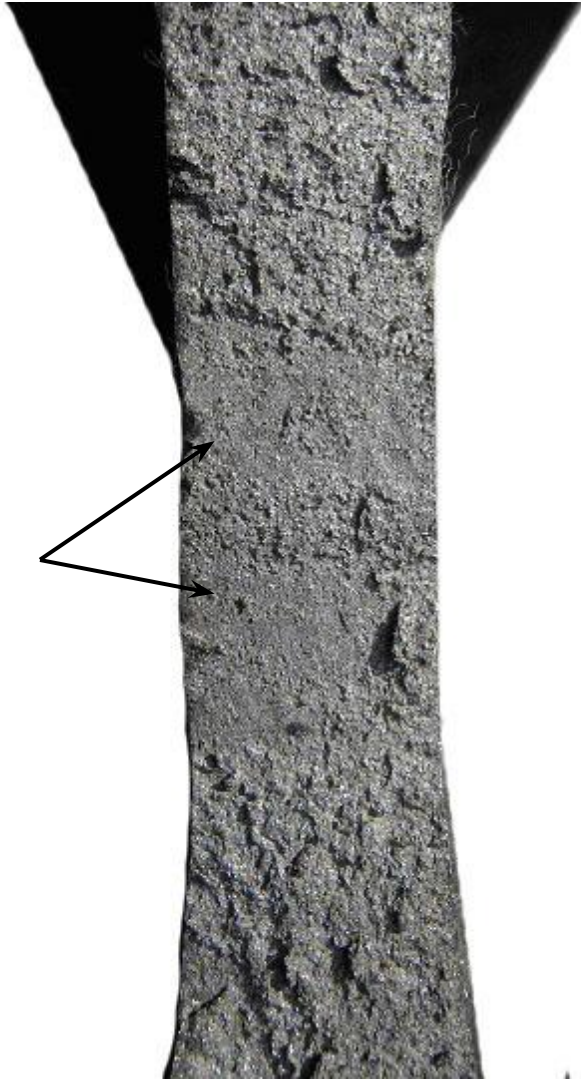
## ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ

Затяжная сварка, слабое давление осадки или неравномерный разогрев сечения. Большая величина косины торцов рельсов (более 1 мм). Повышенное содержание фосфора и серы.



# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

«Холодная» сварка



*Вид в изломе*



*Вид излома на макротемплете*

# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

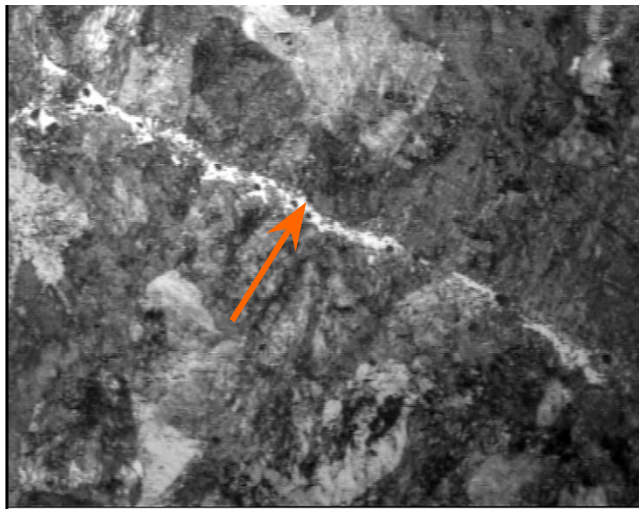
## «Холодная» сварка

### ХАРАКТЕРНЫЕ ПРИЗНАКИ

Очень плоское серое пятно с отдельными блестками мелких фасеток, на серой поверхности. Плоскость пятна перпендикулярна к оси рельса. Возможна в любом месте сечения.

### ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ

Недостаточный разогрев концов рельсов перед осадкой, высокое давление осадки. Большая величина косины торцов рельсов (более 1 мм).



**а**



**б**

*Микроструктура*

*а – сварной шов ×500,*

*б – неметаллические включения в сварном шве ×500*

# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

## Пористость сварки



*Вид в изломе*

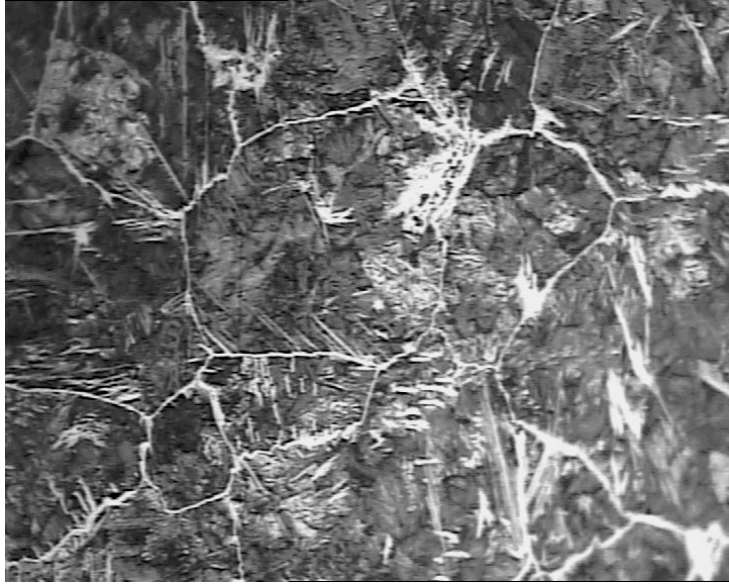


*Вид излома на  
макротемплете*



# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

## Пористость сварки



**а**

*Микроструктура*

*а – выделение вторичного цементита по границам зерен ×500*

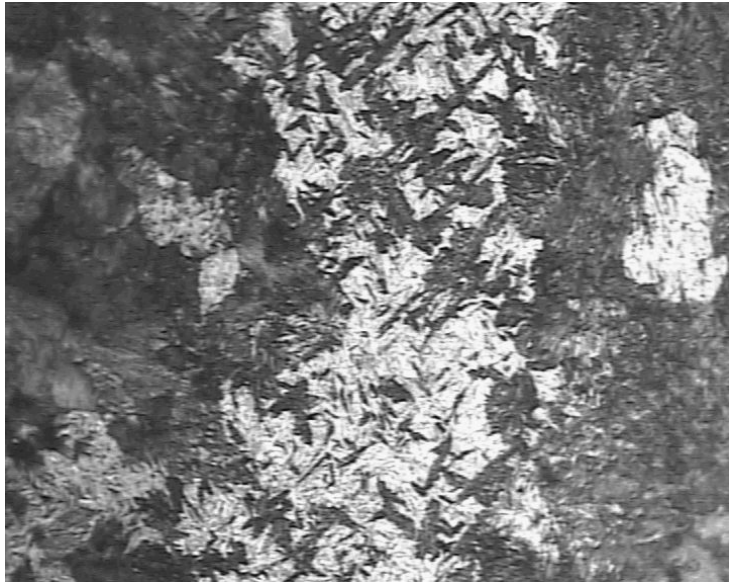
*б – участки мартенсита в зоне пузыря ×500*

### ХАРАКТЕРНЫЕ ПРИЗНАКИ

Круглые или овальные, четко очерченные углубления с плавно закругленным или плоским дном. В любой части сечения рельса. Поверхность гладкая, блестящая, при доступе воздуха – окисленная. Часто окружены кратерной усадкой, иногда с серой или черной (окисленной) каймой рыхлости по границам зерен.

### ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ

Перегрев сварного стыка в процессе оплавления, короткое замыкание на форсировке при котором не успевает закрыться большая часть искрового зазора. Большая величина косины торцов рельсов (более 3 мм).



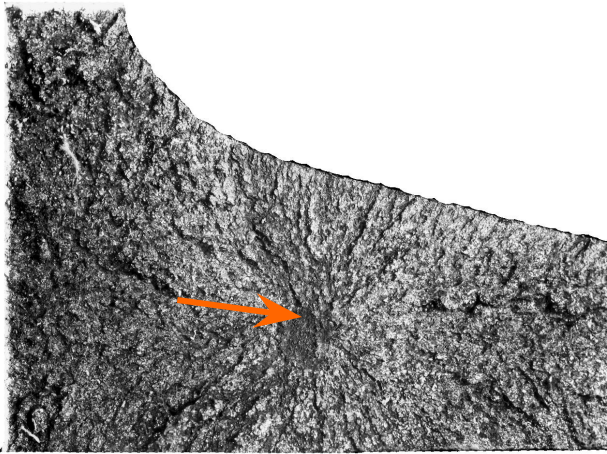
**б**

# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

## Непровар

*Вид в изломе*

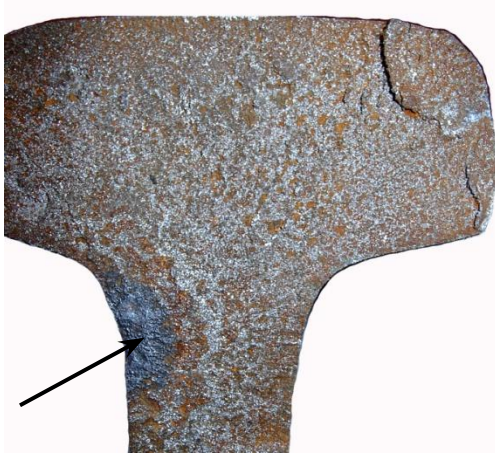
*а – в пере подошвы, б – в шейке, в – в месте перехода головки в шейку*



**а**



**б**



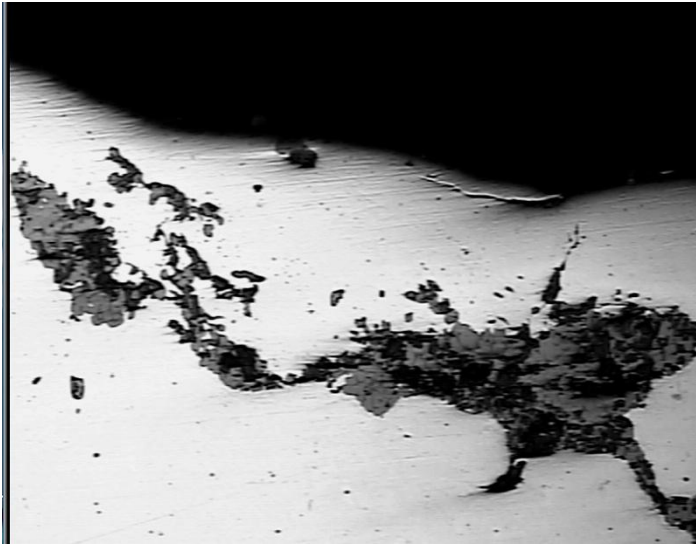
**в**



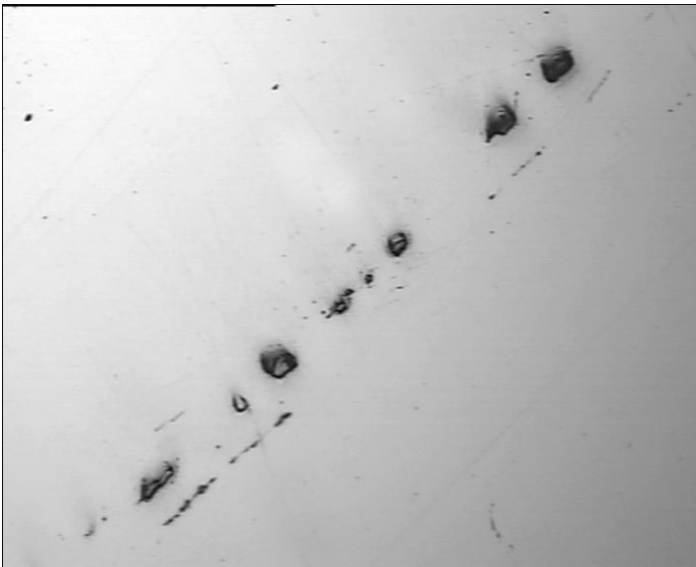
*Вид излома на макротемплете*

# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

## Непровар



**a**



**б**

### ХАРАКТЕРНЫЕ ПРИЗНАКИ

Круглые или овальные углубления. Часто окружены кратерной усадкой, иногда с серой или черной (окисленной) каймой рыхлости по границам зерен. В любой части сечения рельса.

### ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ

Преждевременная осадка еще неравномерно разогретого стыка, очень слабое давление или недостаточная скорость осадки при нормальном режиме сварки, иногда – проскальзывание. Большая величина косины торцов рельсов (более 1 мм).

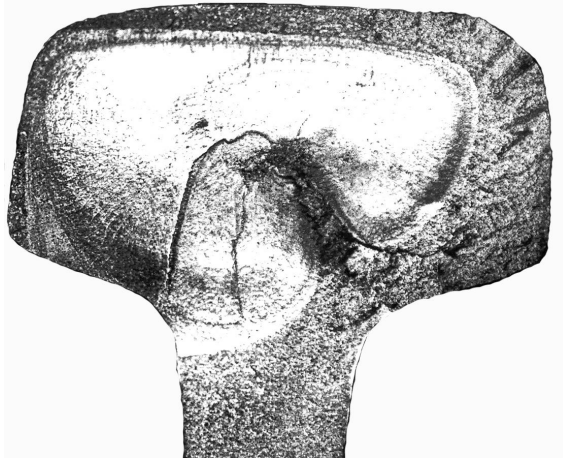
*Микроструктура*

*а, б – включения в зоне непровара (без травления)  $\times 200$ ,  $\times 100$*



# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

## Кратерная усадка



*а – в головке*



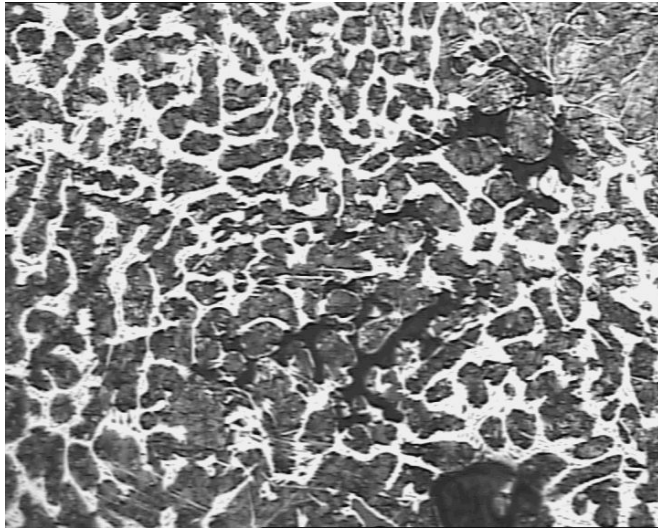
*б – в шейке*



Вид излома на макротемплете  
(стрелкой указано место расположения дефекта)

# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

## Кратерная усадка



**а**



**б**

Микроструктура

а – ледебурит ×200;

б – усадочные рыхлоты в сварном шве ×200

### ХАРАКТЕРНЫЕ ПРИЗНАКИ

Плоское светло-серебристое, с цветами побежалости или черное (окисление) пятно, иногда сероватое или с серой каймой. Большой частью одновременно с пузырями и непроварами, иногда внутри пятна пузырь. Чаще всего в середине подошвы, но может быть и в других местах сечения. Размеры и количество – любое.

### ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ

Преждевременная осадка еще неравномерно разогретого стыка, очень слабое давление или недостаточная скорость осадки при нормальном режиме сварки, иногда – проскальзывание. Большая величина косины торцов рельсов (более 1 мм).

### РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СПОСОБЫ ВЫЯВЛЕНИЯ

Внешний осмотр, контроль параметров режимов сварки, ультразвуковое дефектоскопирование.

### МЕРЫ, ПОЗВОЛЯЮЩИЕ ПРЕДОТВРАТИТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЕ ДЕФЕКТА

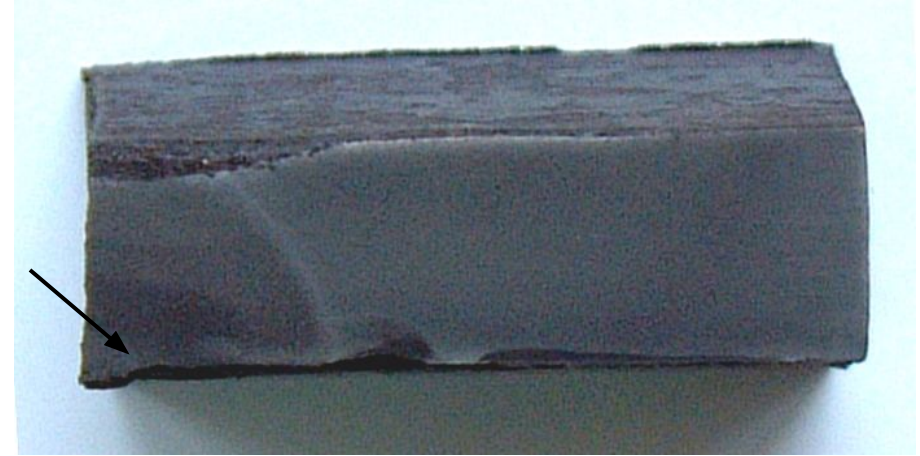
Контроль косины торцов рельсов перед сваркой. Проверить давление в гидросистеме, значения напряжения во время оплавления, а также величину и скорость осадки.

# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

Поджог



Вид в изломе

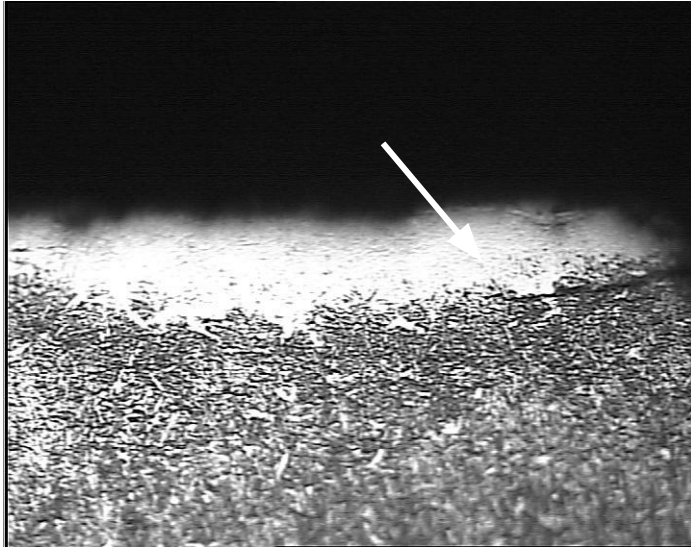


Макротемплет пера подошвы рельса в месте поджога

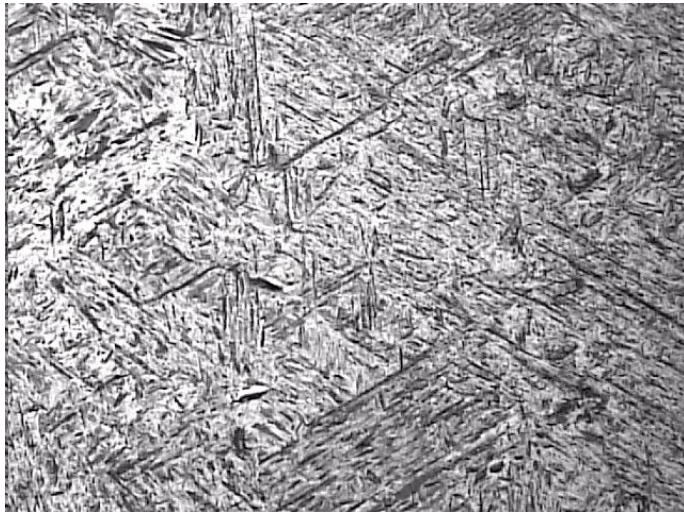


# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

## Поджог



**а**



**б**

Микроструктура

а – линза мартенсита  $\times 100$ ; б – мартенсит  $\times 500$

## ХАРАКТЕРНЫЕ ПРИЗНАКИ

Излом от маленького оплавленного или окисленного пятна на поверхности рельса контактирующей с токоведущими электродами сварочной машины.

## ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ

Возникает при плохом контакте рельса с токоведущими электродами сварочной машины (зажимными губками) из-за попаданий под губку частиц грата или вследствие катастрофического износа самой губки.

## РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СПОСОБЫ ВЫЯВЛЕНИЯ

Внешний осмотр.

## МЕРЫ, ПОЗВОЛЯЮЩИЕ ПРЕДОТВРАТИТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЕ ДЕФЕКТА

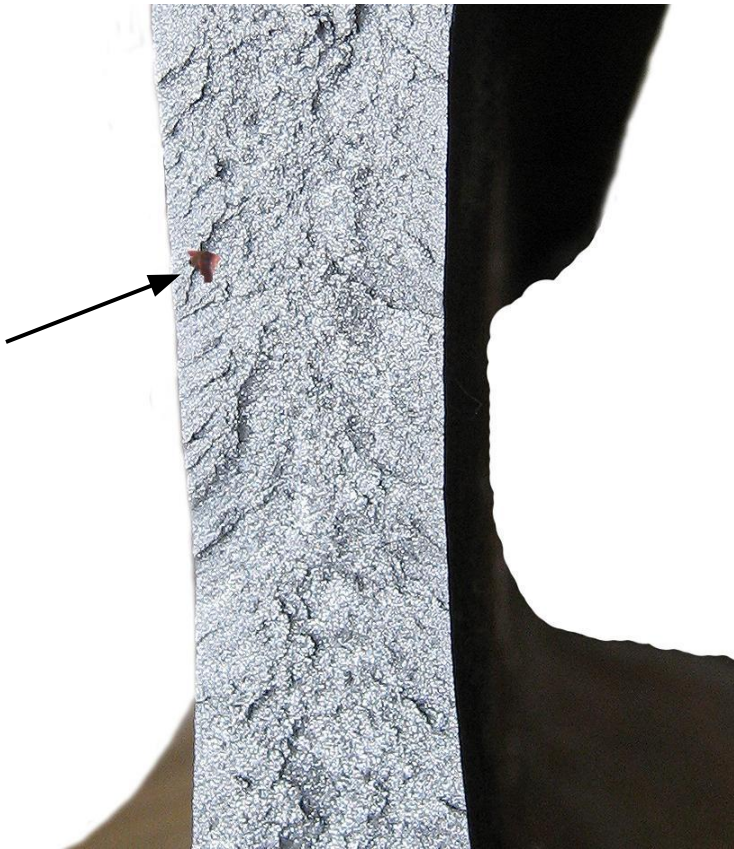
Контроль качества зачистки поверхностей рельсов контактирующих с токоведущими электродами перед сваркой.

После окончания операции сварки производить очистку сварочной машины от металлической пыли и грата.

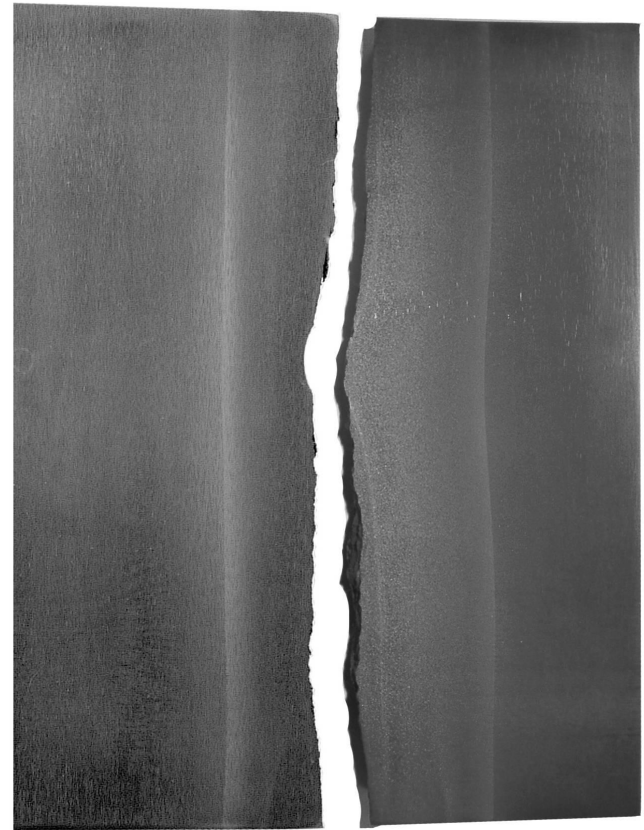
Проверить состояние токоведущих электродов (зажимных губок).

# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

Медное скопление



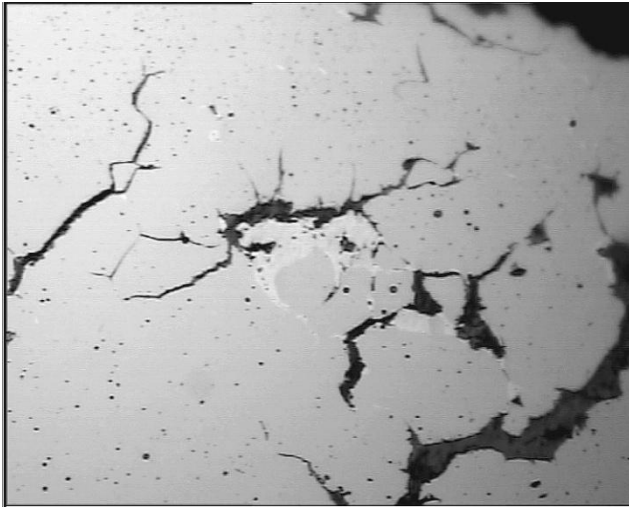
Вид в изломе



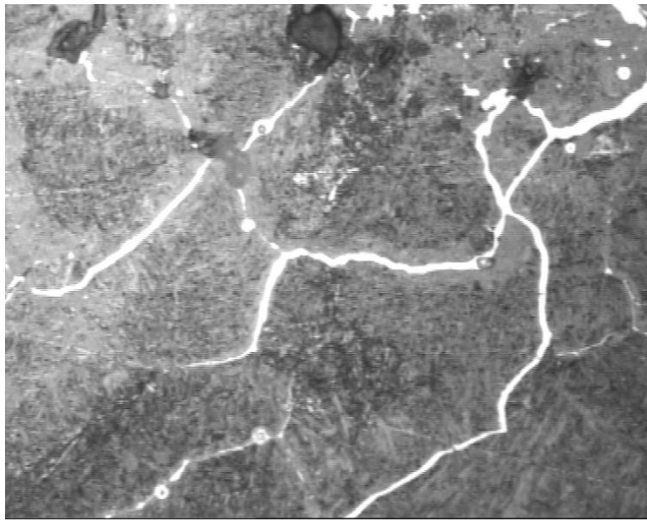
Вид излома на макротемплете

# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

## Медное скопление



**а**



**б**

### Микроструктура

а - скопления меди (без травления);

б - медь по границам зерен ×500

### ХАРАКТЕРНЫЕ ПРИЗНАКИ

Пятно в изломе медного цвета.

### ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ

Возникает в рельсах, содержащих медь.

### РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СПОСОБЫ ВЫЯВЛЕНИЯ

Внешний осмотр.

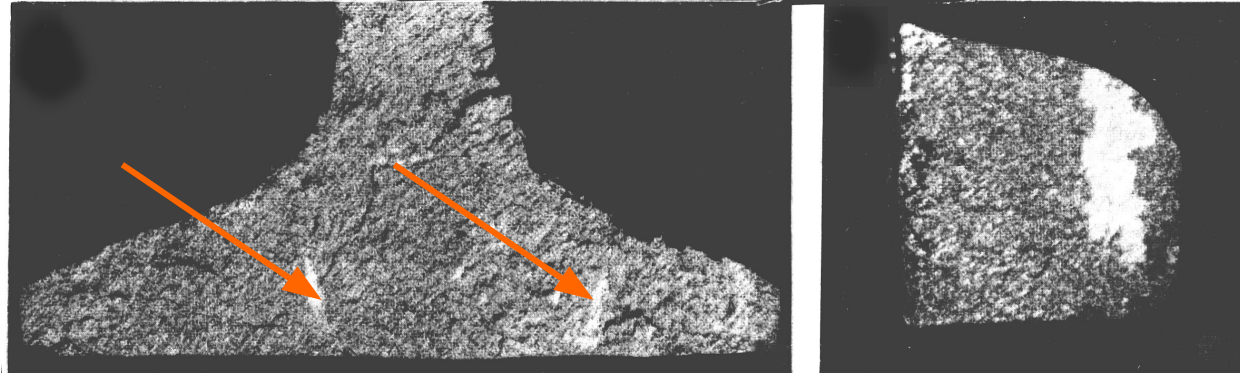
### МЕРЫ, ПОЗВОЛЯЮЩИЕ ПРЕДОТВРАТИТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЕ ДЕФЕКТА

Для предотвращения вредного влияния содержания меди в рельсовой стали – проверить сертификат на поставляемую партию рельсов с целью соответствия содержания химических элементов требованиям ГОСТ.



# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

Силикатные скопления



Вид в изломе



Общий вид



Вид излома на макротемплете

# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

## Силикатные скопления



Микроструктура  
(Силикаты в зоне излома  $\times 100$ )

### ХАРАКТЕРНЫЕ ПРИЗНАКИ

Плоское матово-серое пятно в растянутой части сечения рельса. Часто имеет характерную узкую и длинную форму. Редко бывают крупнее  $20 \text{ мм}^2$  и в количестве более 4-5 на излом.

### ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ

В малом количестве возможны при любых режимах в сталях содержащих включения кремния.

### РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СПОСОБЫ ВЫЯВЛЕНИЯ

Внешний осмотр, ультразвуковое дефектоскопирование.

### МЕРЫ, ПОЗВОЛЯЮЩИЕ ПРЕДОТВРАТИТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЕ ДЕФЕКТА

Мелкие одиночные скопления возможны при самых лучших механических показателях. Не допускается более 3-х общей площадью более  $15 \text{ мм}^2$

# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

Термомеханическое воздействие



**а**

Вид в изломе

*а* – поперечный излом,

*б* – след от термомеханического воздействия



**б**



Вид излома на макротемплете

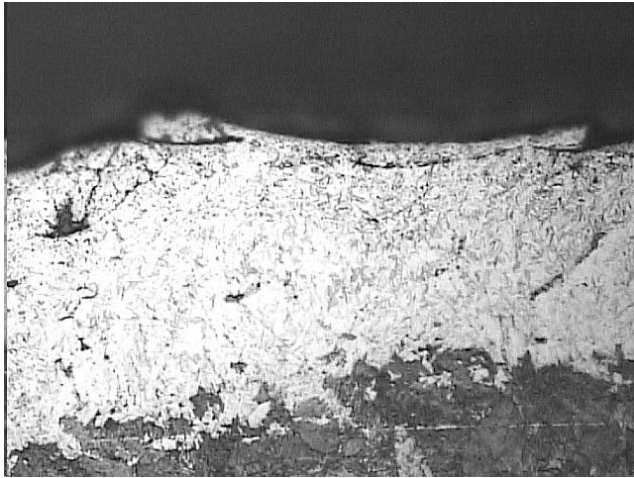


Общий вид излома

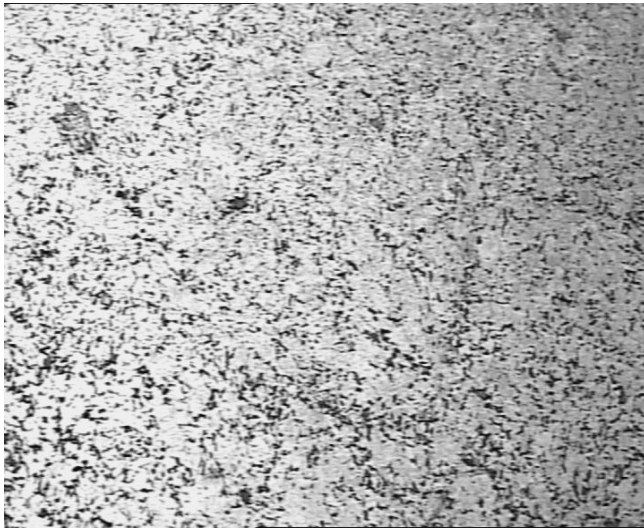


# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

Термомеханическое воздействие



**а**



**б**

Микроструктура

а – слой мартенсита с микротрещинами  $\times 500$ ;

б – мартенсит  $\times 500$

## ХАРАКТЕРНЫЕ ПРИЗНАКИ

Следы от термо-механического воздействия в виде белого овального пятна, как правило, малого размера находящегося в центре обработанной поверхности со следами побежалости.

## ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ

Образование мартенситной структуры при выполнении грубой шлифовки рельса в результате применения абразивных кругов несоответствующих ГОСТ или при вращении абразивного круга со скоростью выше установленной.

## РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СПОСОБЫ ВЫЯВЛЕНИЯ

Внешний осмотр.

## МЕРЫ, ПОЗВОЛЯЮЩИЕ ПРЕДОТВРАТИТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЕ ДЕФЕКТА

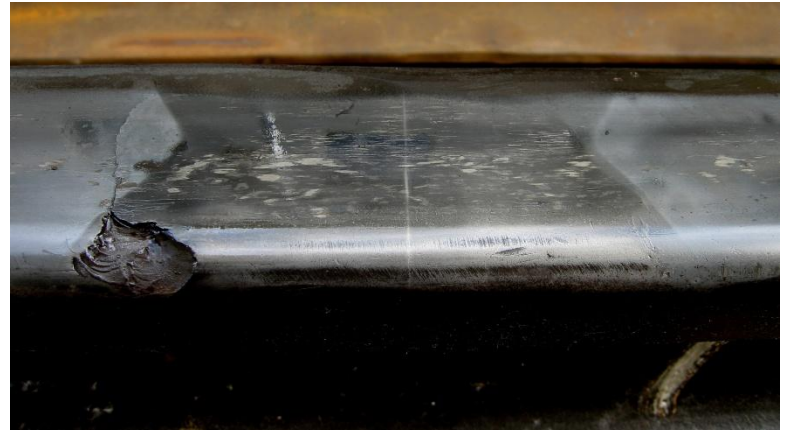
Применение абразивных кругов отвечающих требованиям ГОСТ, выполнение операции грубой шлифовки со скоростью вращения абразивного круга установленной проектом ПТКБ ЦП.

# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

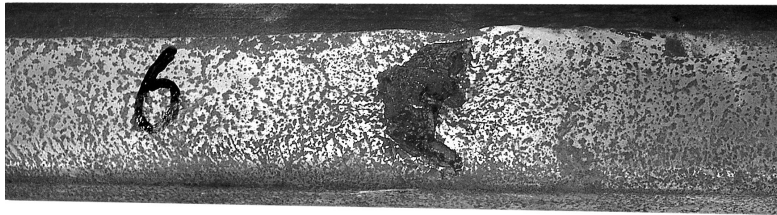
## Поверхностное выкрашивание



**а**

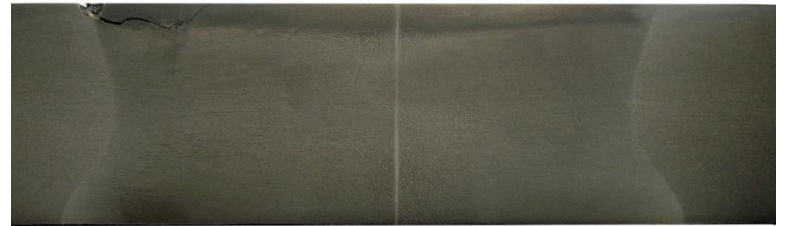


**а**



**б**

Общий вид



**б**

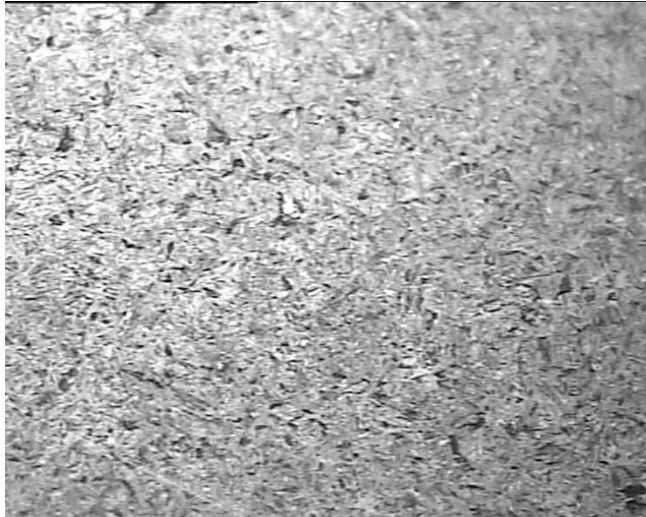


**в**

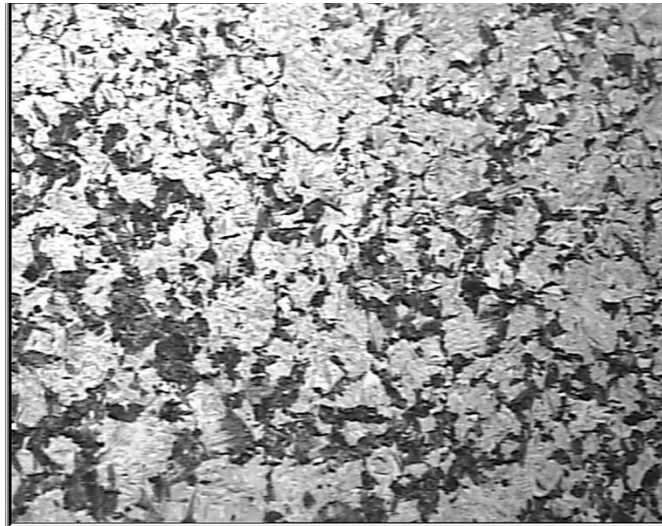
Макроструктура

# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

## Поверхностное выкрашивание



**a**



**б**

Микроструктура

*a* – мартенсит×500;

*б* – мартенсит с трооститом ×500

### ХАРАКТЕРНЫЕ ПРИЗНАКИ

Скол локального объема металла поверхности головки с образованием местной неровности большой площади, несоответствующей требованиям ТУ.

### ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ

Вследствие нарушения технологии термической обработки сварного стыка в поверхностном слое головки рельсов может образоваться закалочная структура мартенситного класса, приводящая к образованию трещин, их развитию и в результате воздействия колес подвижного состава к выкрашиванию металла на поверхности катания головки рельса.

### РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СПОСОБЫ ВЫЯВЛЕНИЯ

Внешний осмотр, контроль линейных размеров измерительными приборами (линейка, штангенциркуль с глубиномером).

### МЕРЫ, ПОЗВОЛЯЮЩИЕ ПРЕДОТВРАТИТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЕ ДЕФЕКТА

Строгое соблюдение режимов термической обработки.



# ДЕФЕКТ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

## Механические повреждения



### **ХАРАКТЕРНЫЕ ПРИЗНАКИ**

Вмятины, сколы, механические повреждения на поверхности рельса

### **ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ**

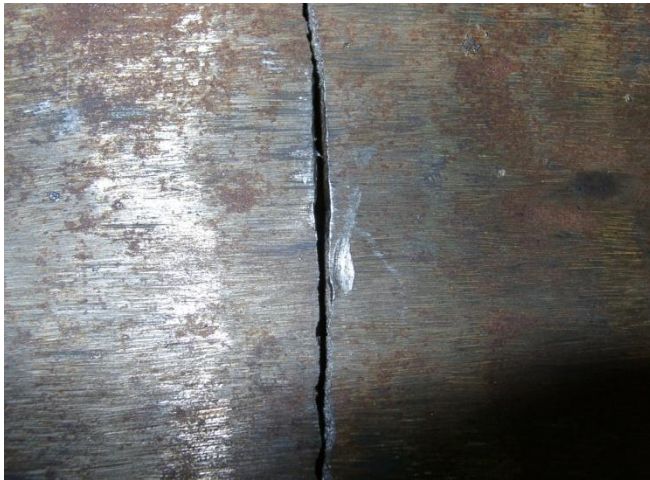
В результате механического воздействия (удары и т.д.) на рельс в зоне сварного стыка.

### **РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СПОСОБЫ ВЫЯВЛЕНИЯ**

Внешний осмотр.

### **МЕРЫ, ПОЗВОЛЯЮЩИЕ ПРЕДОТВРАТИТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЕ ДЕФЕКТА**

При выполнении путевых работ не допускать механического воздействия на рельсы в зоне сварного шва.



Общий вид

Следы от ударов на поверхности шейки