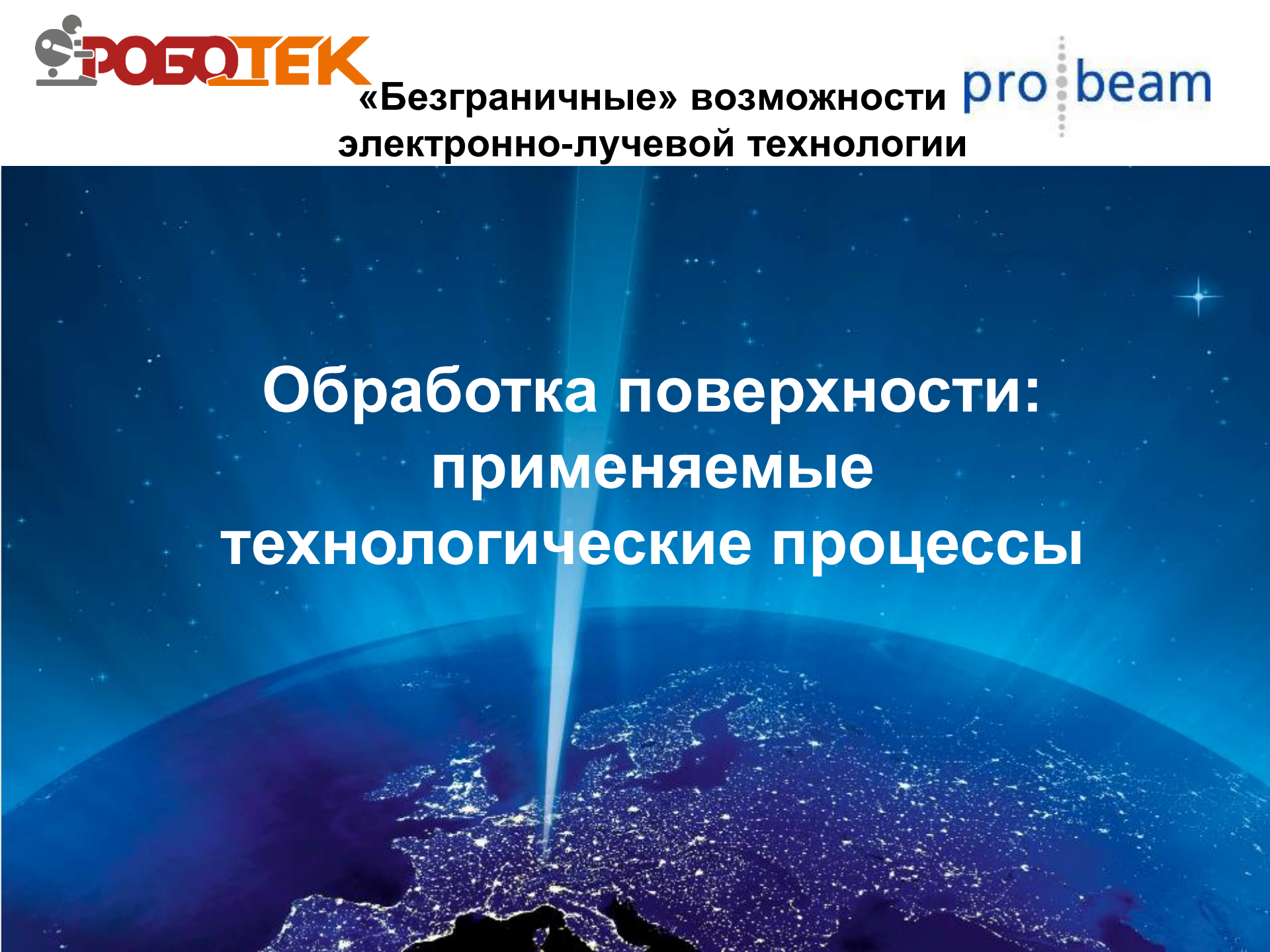


The background of the slide is a deep blue space scene. At the bottom, the curved horizon of the Earth is visible, covered in a dense pattern of white lights representing city lights at night. A bright, vertical blue beam of light originates from the top center and points down towards the Earth's surface. The sky is filled with numerous small, distant stars, and a single, larger four-pointed star is visible in the upper right corner.

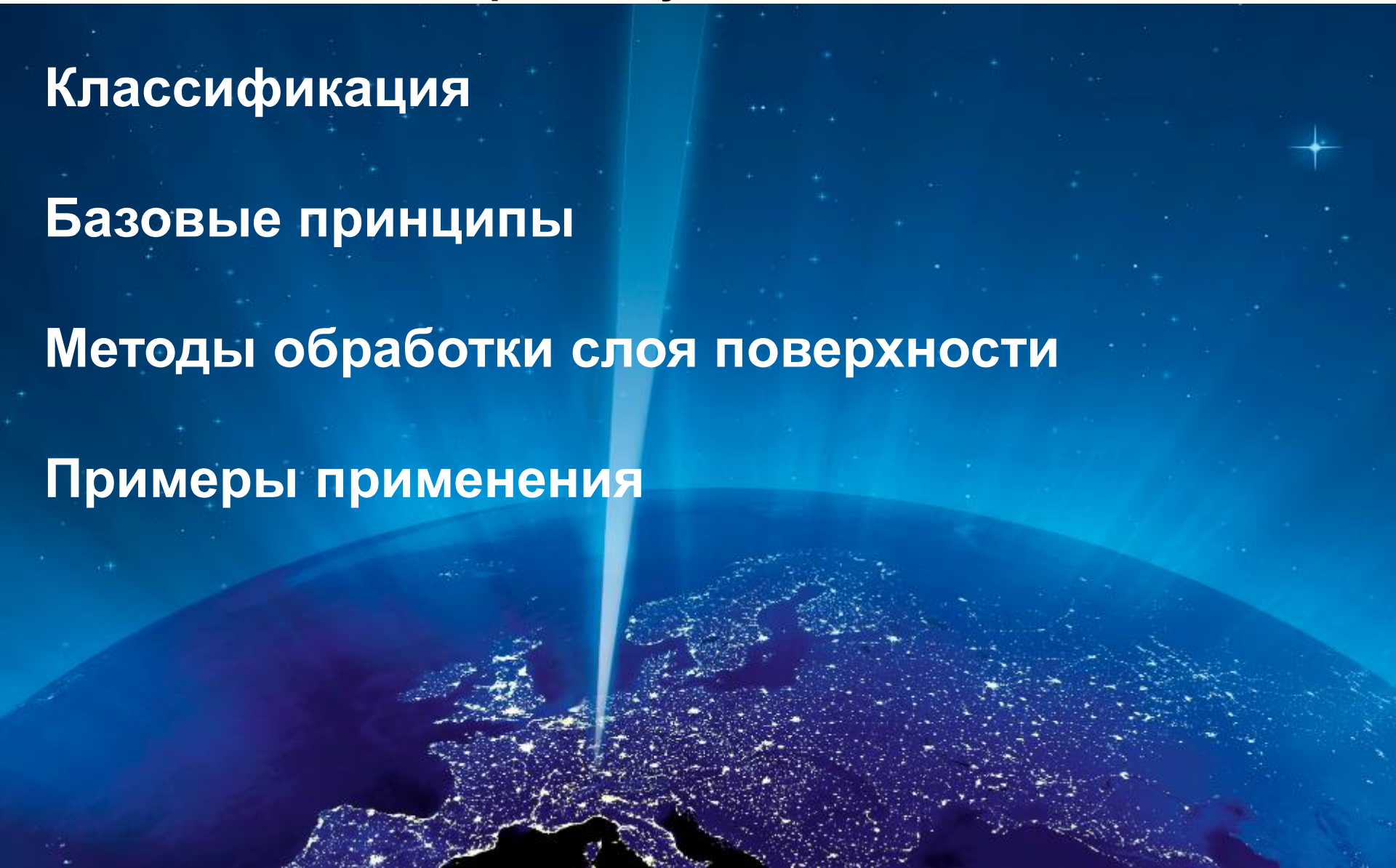
Обработка поверхности: применяемые технологические процессы

Классификация

Базовые принципы

Методы обработки слоя поверхности

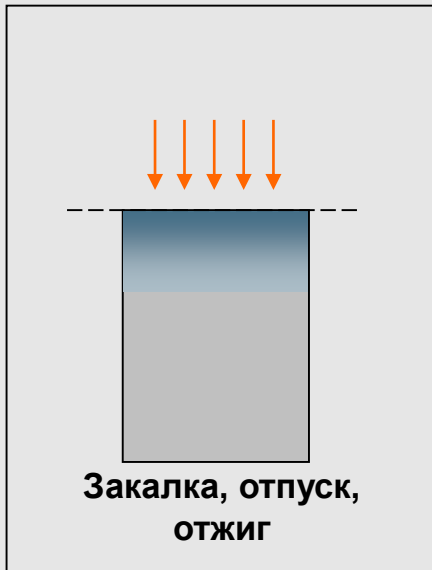
Примеры применения



Методы обработки слоя поверхности

технологические
процессы в твердом
состоянии

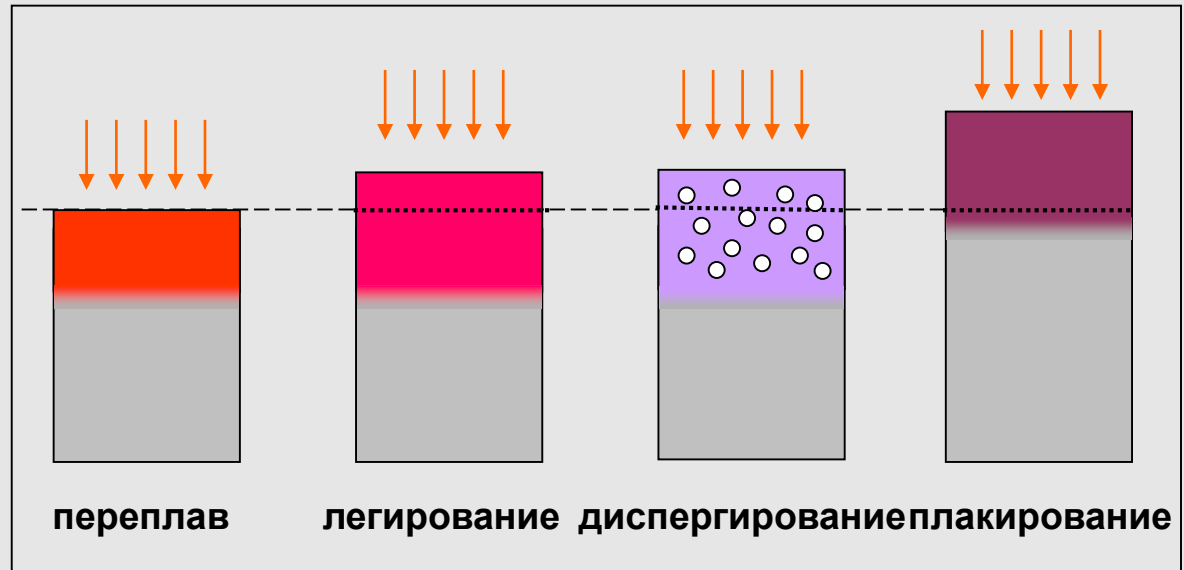
($T_{\text{поверхности}} < T_{\text{плавления}}$)



технологические процессы

в жидком состоянии

($T_{\text{поверхности}} > T_{\text{плавления}}$)

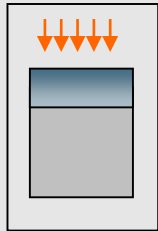


$T_{\text{поверхности}}$ = температура на поверхности

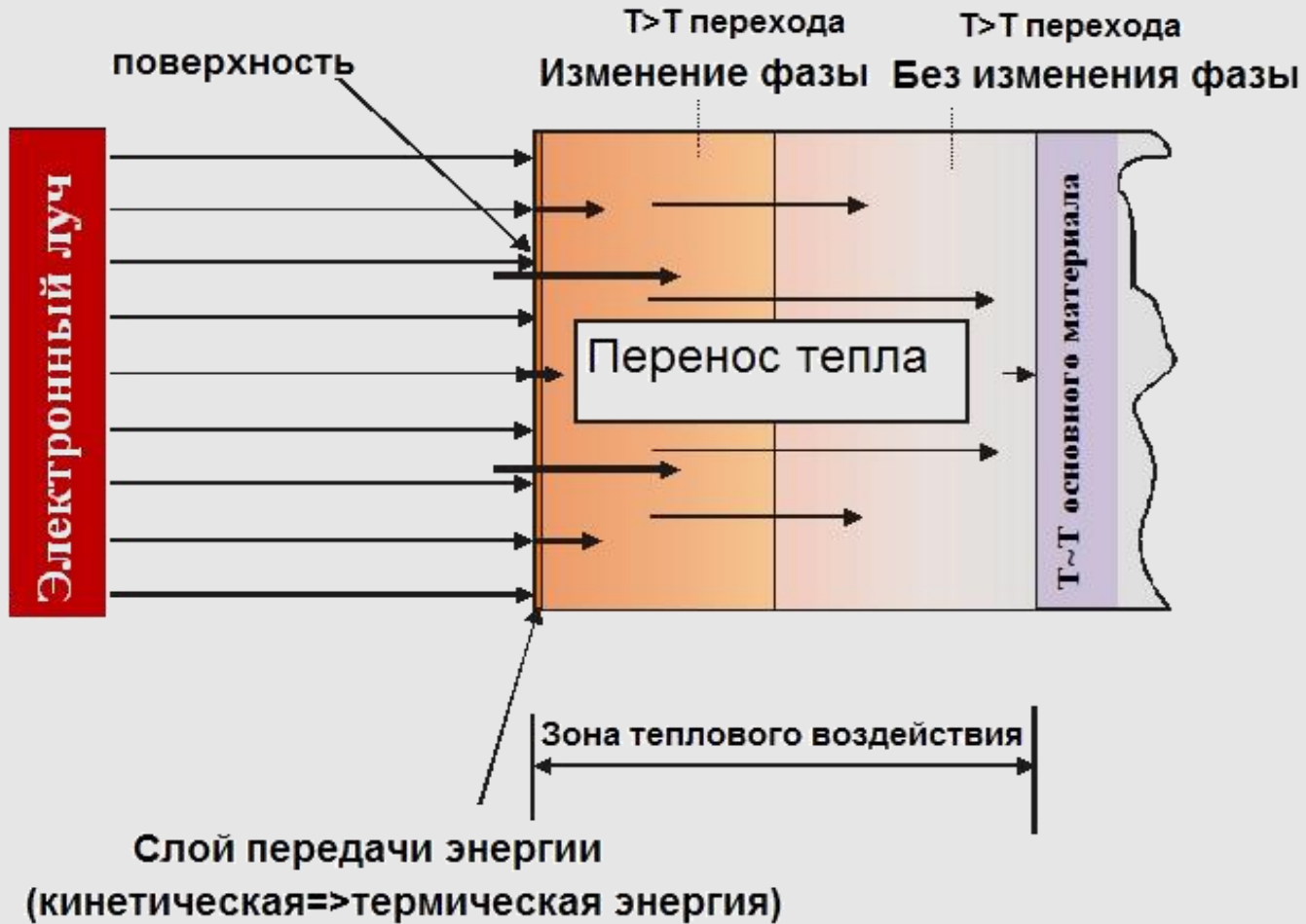
$T_{\text{плавления}}$ = температура плавления

Технологические процессы в твердом состоянии

Базовые принципы

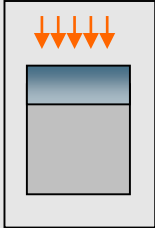


базовый принцип: температура плавления НЕ ДОЛЖНА превышать



Закалка электронным лучом (ЗЭЛ)

методы обработки поверхности, технологические процессы в твердом состоянии



Цель:

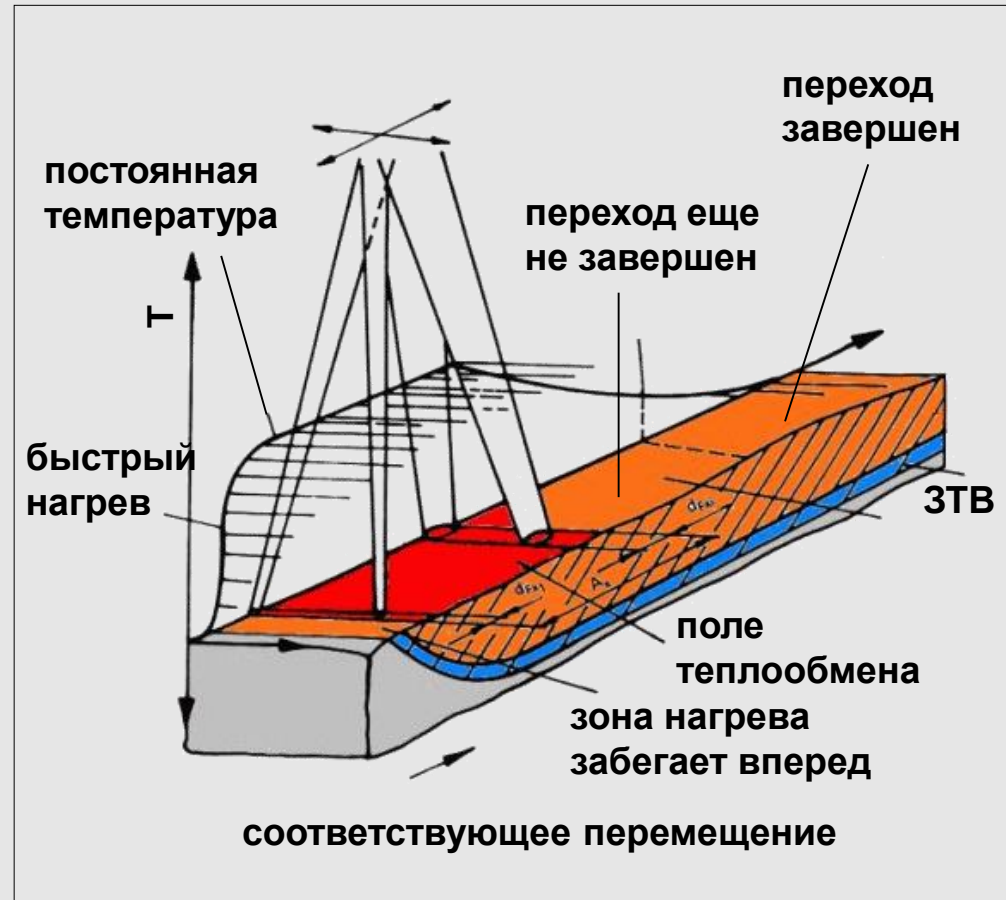
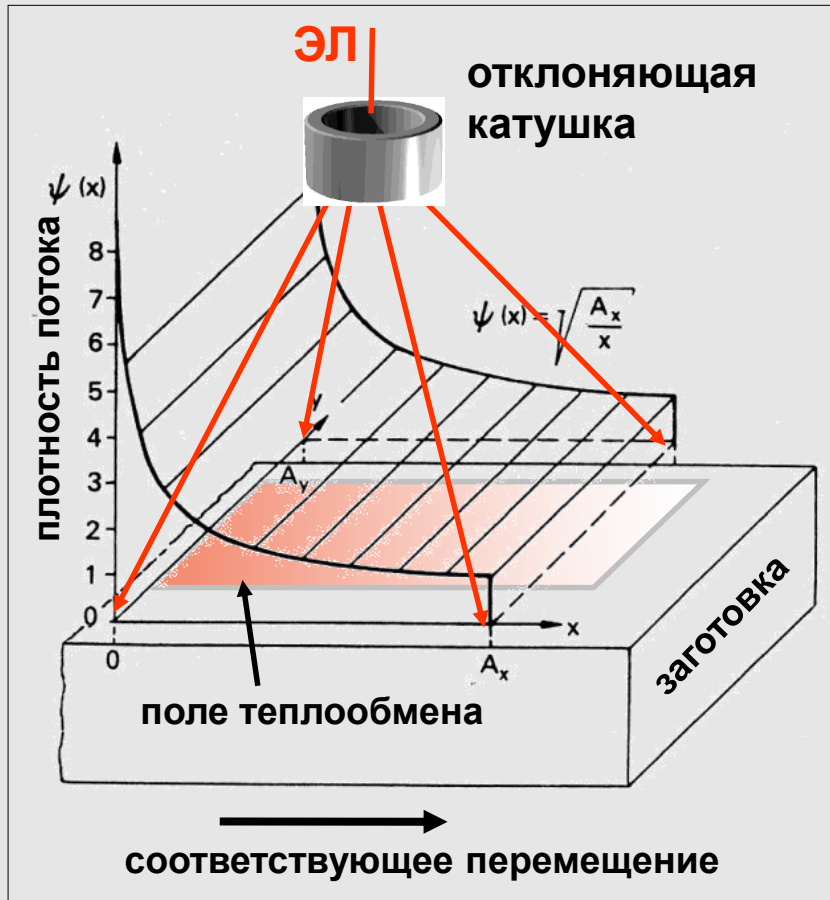
- Улучшение износостойкости исключительно там, где необходимо

Основные характеристики:

- очень низкие затраты энергии, столько, сколько необходимо, с точным окаймлением
- значительно уменьшенная деформация – обеспечивает возможность обработки завершенных деталей
- нет воздействия на свойства, чувствительные к изменениям температуры
- почти без изменений шероховатости поверхности (проверяется до Rz-фактора 1)
- без визуально определяемого обесцвечивания благодаря отсутствию кислорода

Закалка электронным лучом (ЗЭЛ)

методы обработки поверхности, технологические процессы в твердом состоянии



поле теплообмена:
геометрически определенная зона
высокоскоростных отклоняющихся электронов
со специфическим распределением энергии

- только самозакаливание
- без внешнего охладителя

металлургические критерии:

- марка закаливаемой стали (перлитная структура, большинство марок стали)
- содержание углерода: $>0,3\%$ ($>0,2\%$), наилучшие результаты: $0,4\% - 0,8\%$ С (уровень твердости зависит от содержания углерода)

геометрические критерии:

- определенная минимальная толщина для обеспечения эффекта самозакаливании (практический опыт: максимальная толщина достигаемого слоя твердости составляет $1/10$ толщины под поверхностью)

ограничения:

- минимальная/максимальная толщина для ЭЛЗ: $0,1\text{мм}/1,7\text{мм}$
- максимальный уровень твердости: до 1000 по Виккерсу (т.е. 50CrV4)

Закалка НЕ возможна:

- марки аустенитной нержавеющей стали
- определенные марки чугунного литья (с ледебуритной структурой)
- сплавы цветных металлов (алюминия, меди, титана, никеля)

Закалка электронным лучом

Закаливаемые материалы (Выбор)

Материалы (Выбор):

Стали, подвергаемые термообработке

C45 30CrMoV9

X36CrMo17

C60 42CrMo4

C70 Cf55

Нетеплостойкие стали

50NiCr13 100Cr6

X38CrMo5-1

51CrV4 75Cr1

X210Cr12

Чугунное литье

GG-25

GGG-70

Нержавеющие стали

X40Cr13

X48Cr13

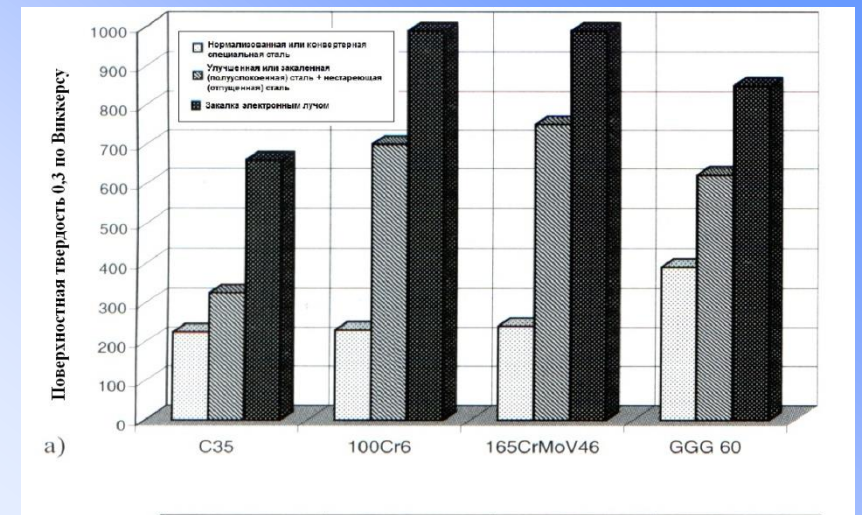
Теплостойкие стали

59CrV4

55NiCrMoV6

GGG-60

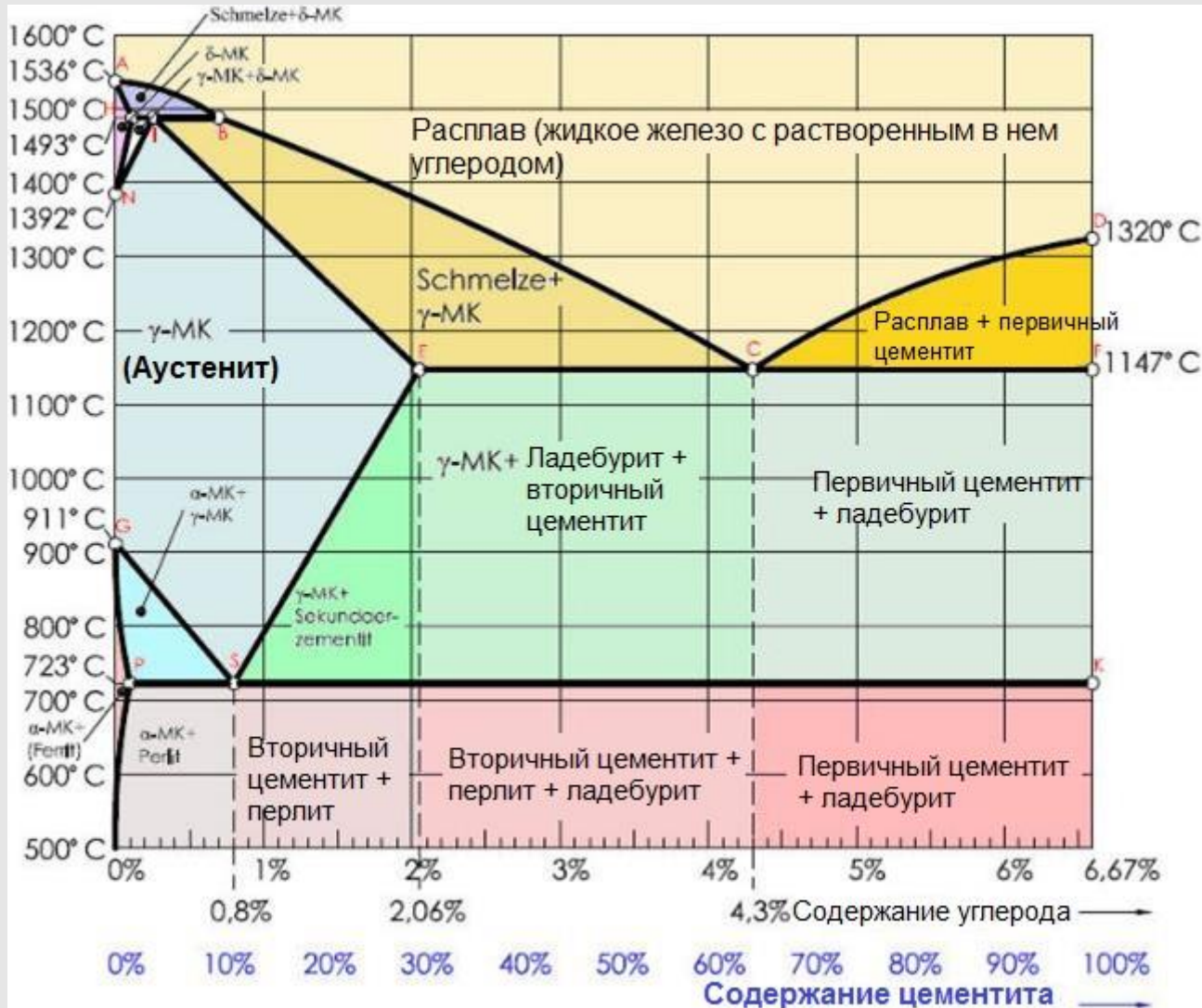
GTS-60



Твердость поверхности разных материалов до и после закалки электронным лучом

- Направляющие рельсы, зажимные губки, стенки балки
- Втулки, ролики, ролики, волочильный барабан,
- Кривошипные валы, кулачковые валы
- Кулачковые шайбы, шнеки экструдеров,
- Фасонные детали, вырубные пуансоны

Диаграмма Железо – Углерод

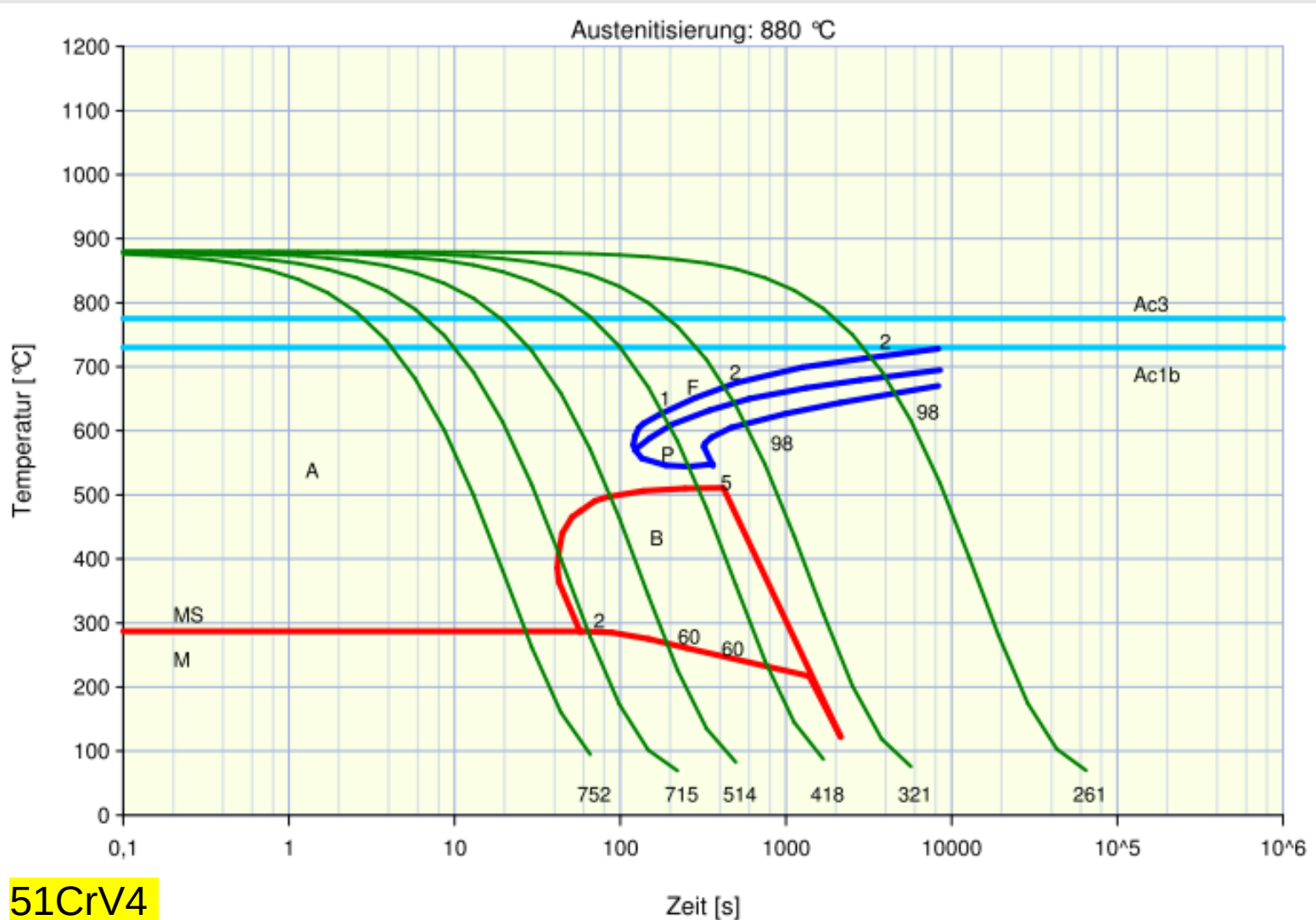


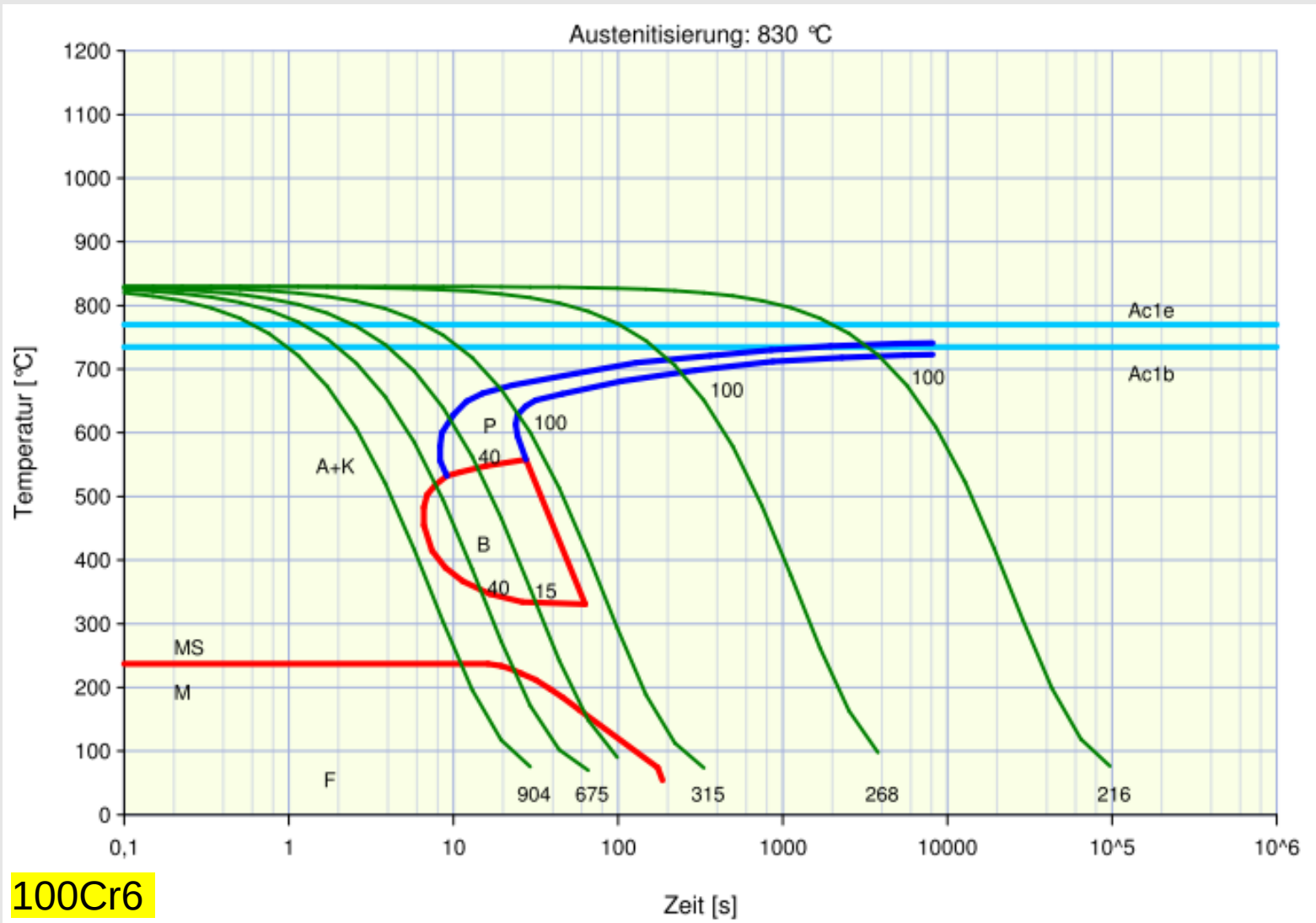
Перлит



Перлит + Феррит

ZTU / TTT (Diagramme Время-Температура-Превращения/Низкие Температуры)







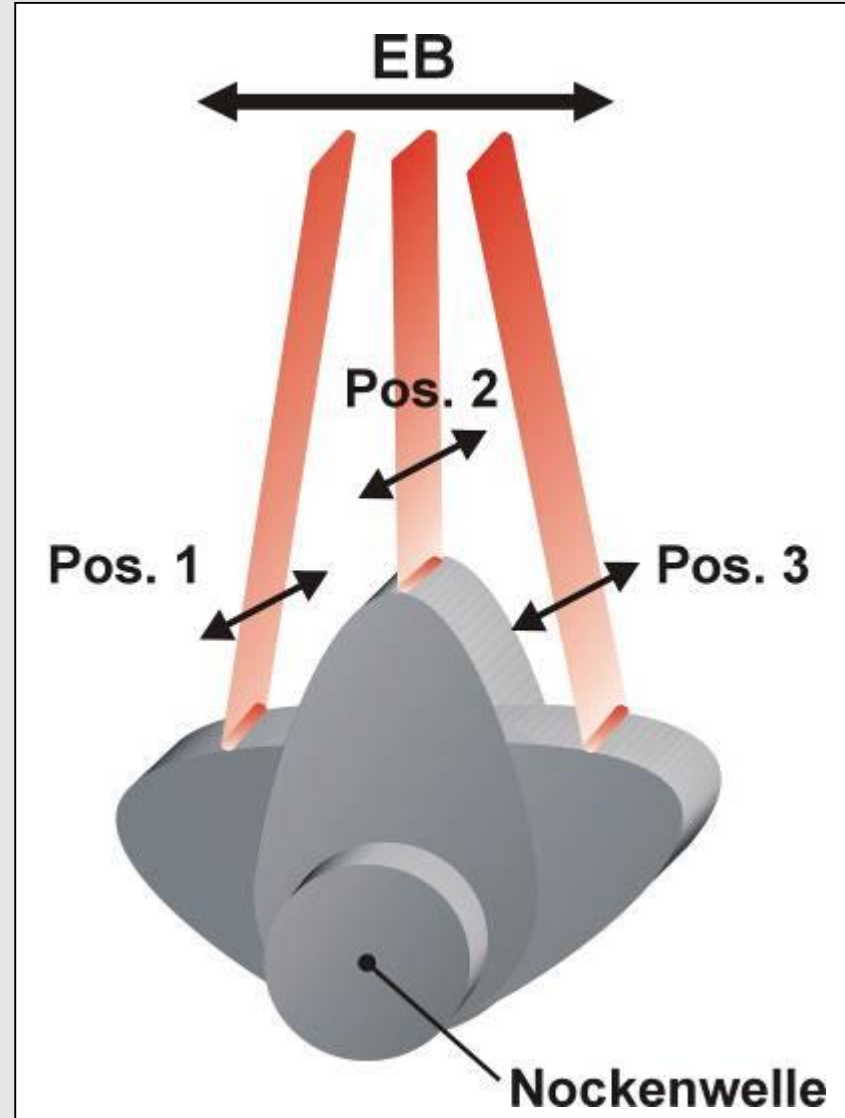
кулачковый вал

Материал: чугунное литье (GJS600),
сталь, улучшенная закалкой и отпуском
Толщина закаливаемого слоя: $0,4 + 0,2$ мм
Уровень твердости: >59 по Роквеллу
Время производственного цикла: 60 с

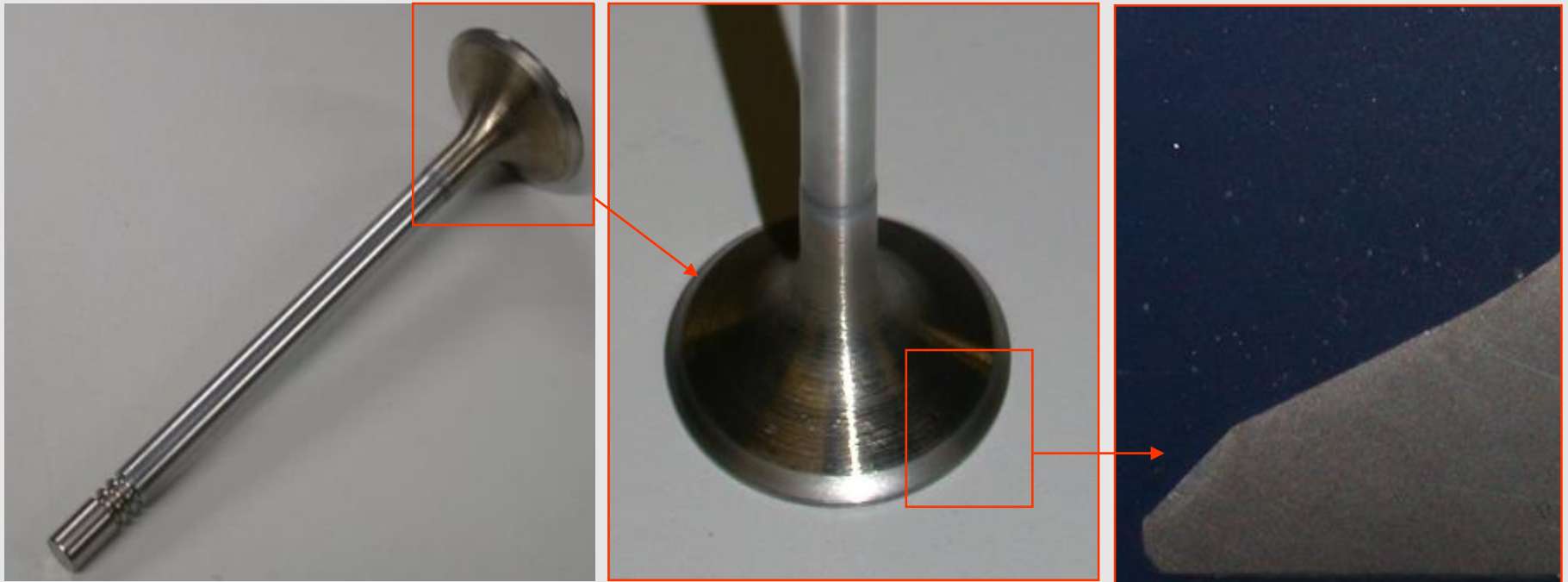
кулачок, поперечное сечение слоя,
закаливаемого ЭЛ, чугунное литье
(GJS 600)

Закалка электронным лучом (ЗЭЛ)

Закалка кулачковых валов электронным лучом



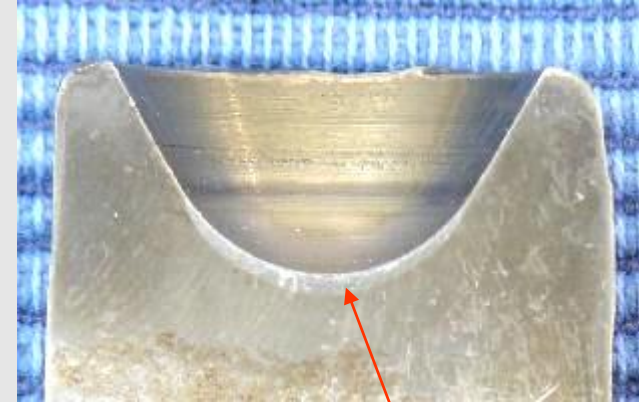
Частичная закалка клапанов дизельных двигателей



Впускной клапан – Rht 0,25 + 0,25 мм, 580 + 200 по Виккерсу
Материал: X45CrSi9-3

Закалка электронным лучом Примеры – Автомобильная техника

Частичная закалка куполов и радиусов
на тормозных рычагах



Rht 0,6 + 0,4 мм
C45 улучшенный закалкой



Rht 0,6 + 0,4 мм
C45 улучшенный закалкой

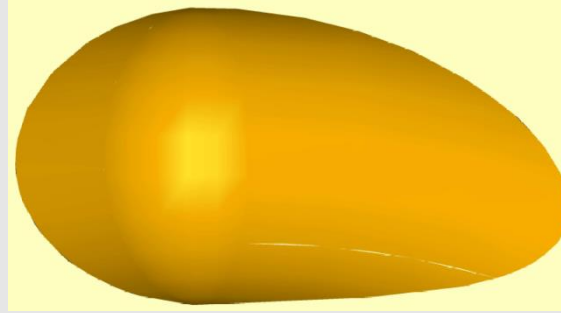
Закалка электронным лучом

Примеры – Купол

- Материал: С60
- Закалка купола методом оплавления



Моментальное затверждение

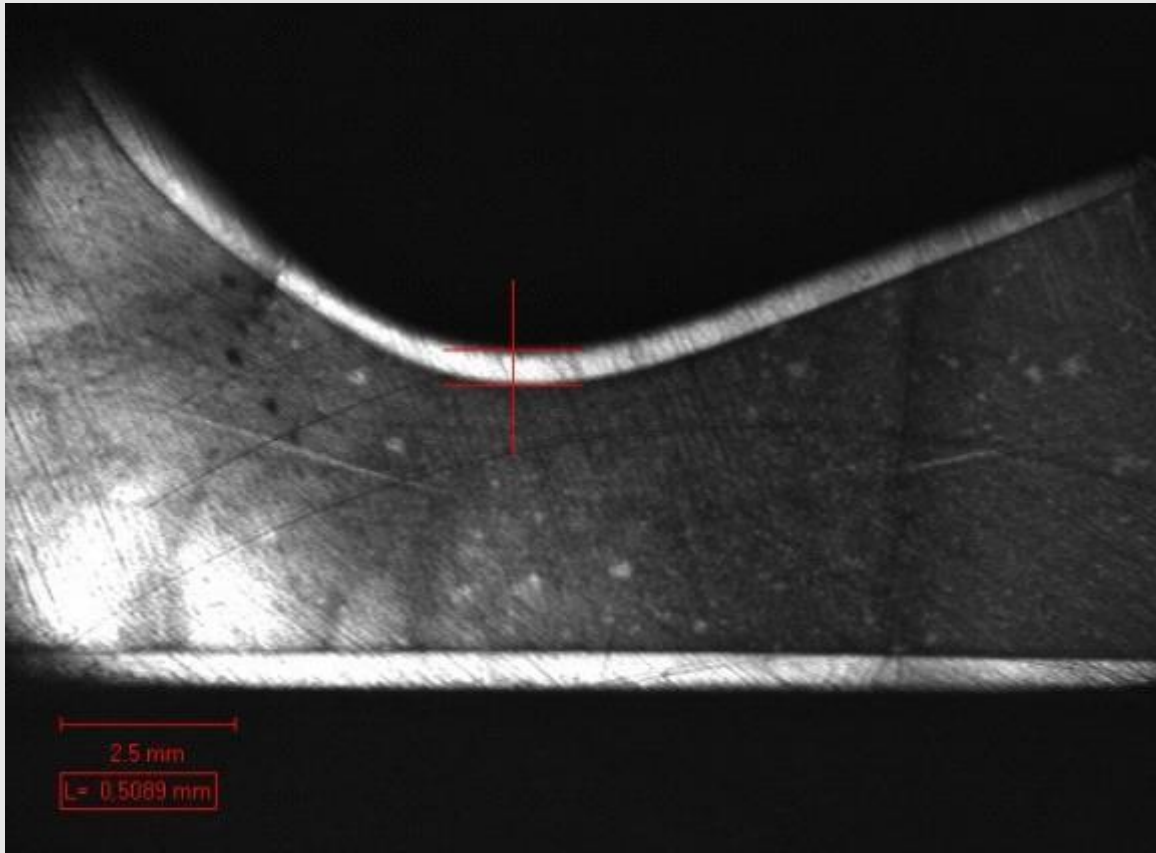


Затверждение бокового
игольчатого подшипника



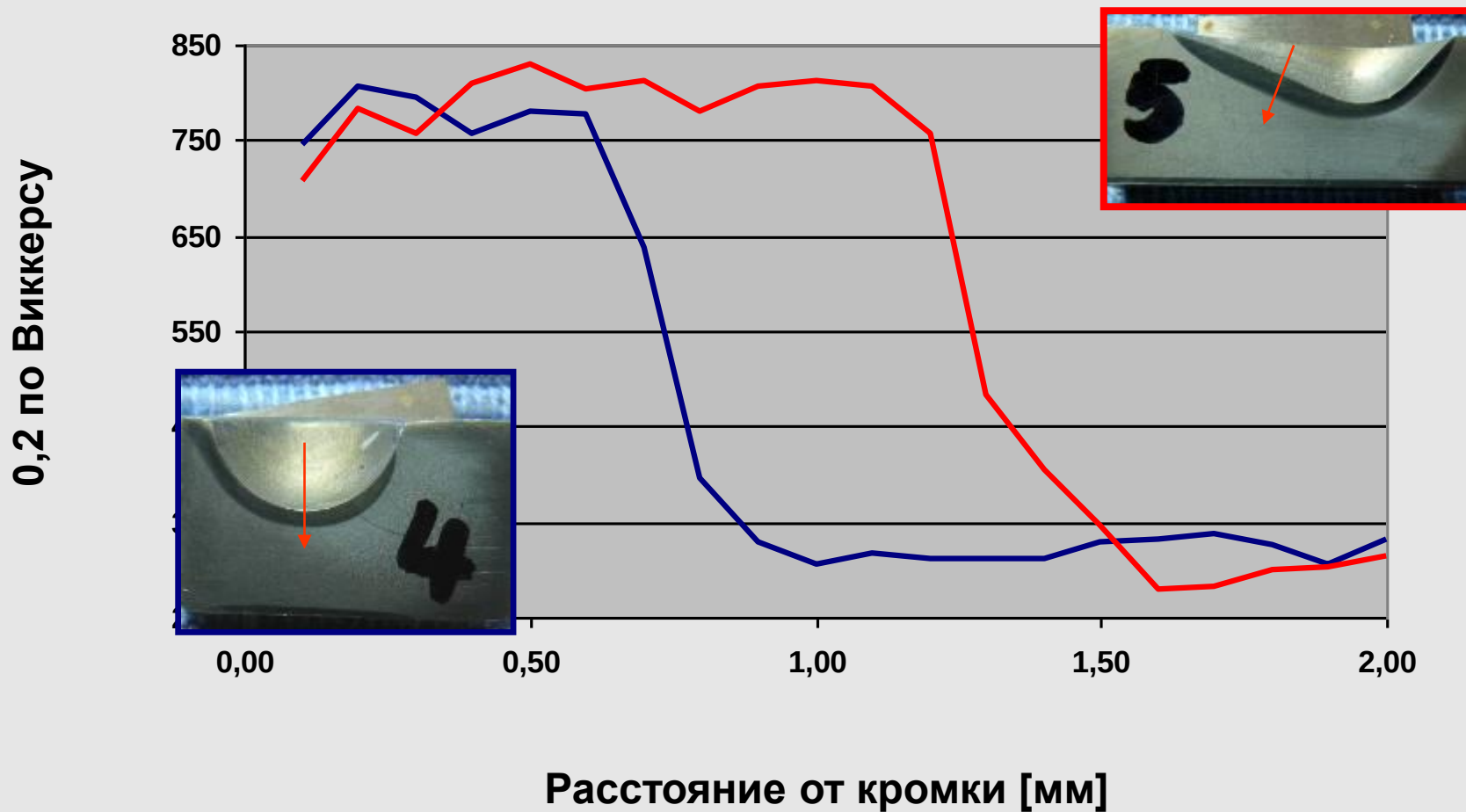
Закалка электронным лучом Примеры – Купол

*$P = 4,5$ кВт, длительность процесса ок. $0,7$ с (на сферообразную выемку);
время цикла 25 с
C60*



Закалка электронным лучом

Примеры – Кривая твердости Купола



Закалка электронным лучом (ЗЭЛ) области применения



шток поршня

материал:

C70

толщина закаливаемого слоя: 1,0 + 0,3 мм

уровень твердости: 58 по Роквеллу

время производственного цикла: 8 с

ЭЛ-области,
закаливаемые

кольцо

материал:

42CrMo4

толщина закаливаемого слоя: от 0,2 мм до 0,3 мм

уровень твердости: 56 по Роквеллу

время производственного цикла: 10-24 с



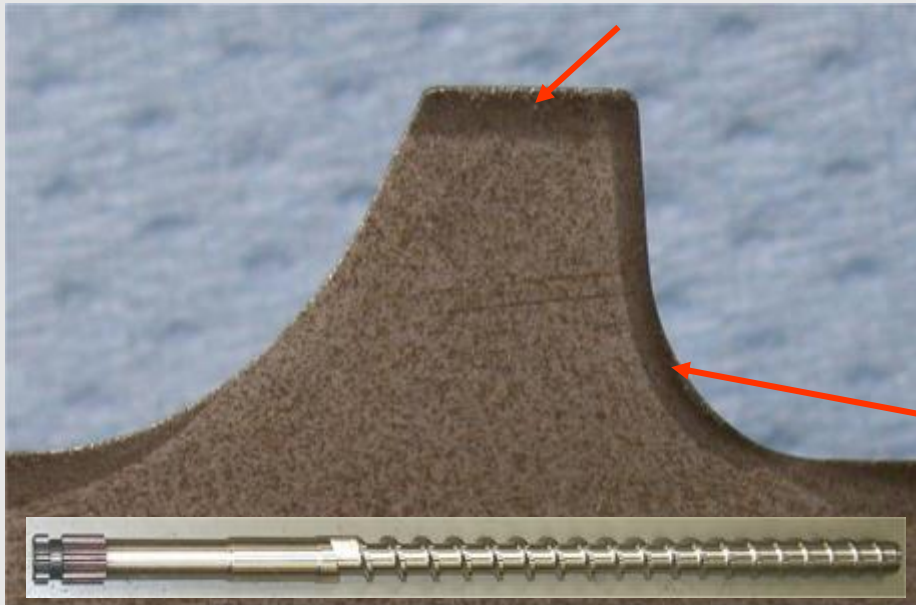
Закалка электронным лучом (ЗЭЛ) области применения

инструмент для штамповки листового металла

материал: С 45

толщина закаливаемого слоя: $1,0 + 0,3$ мм

уровень твердости: $57 + 6$ по Роквеллу



экструдер бочек (улиточный)

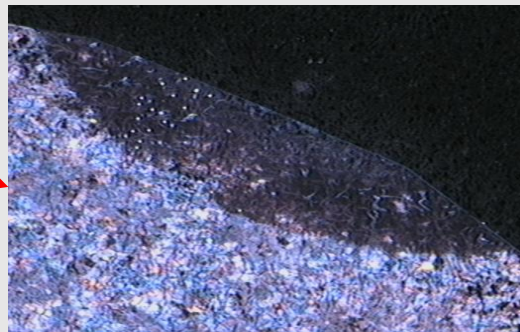
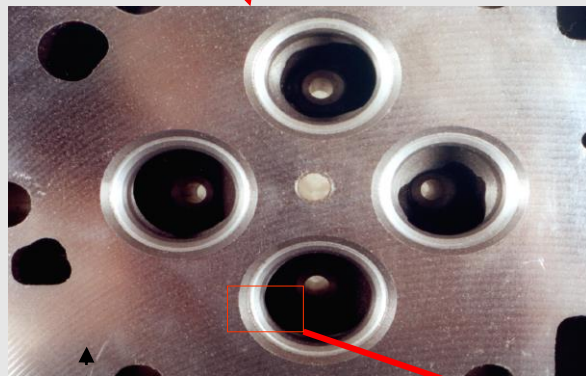
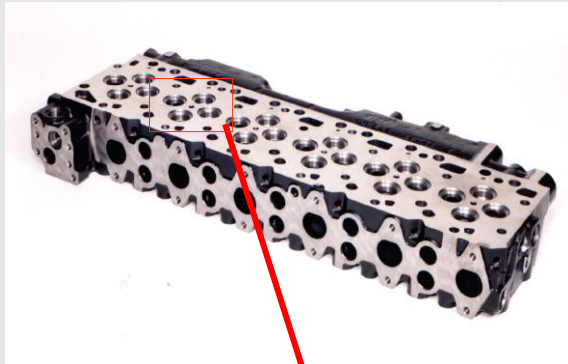
материал: X155CrVMo12-1

толщина закаливаемого слоя: $0,6 + 0,3$ мм

уровень твердости: $59 + 2$ по Роквеллу

Закалка электронным лучом (ЗЭЛ)

области применения, методика закаливания оплавлением



сектор седла клапана,
закаливаемого ЭЛ

головка цилиндра (грузовик), 24 клапанных
седел

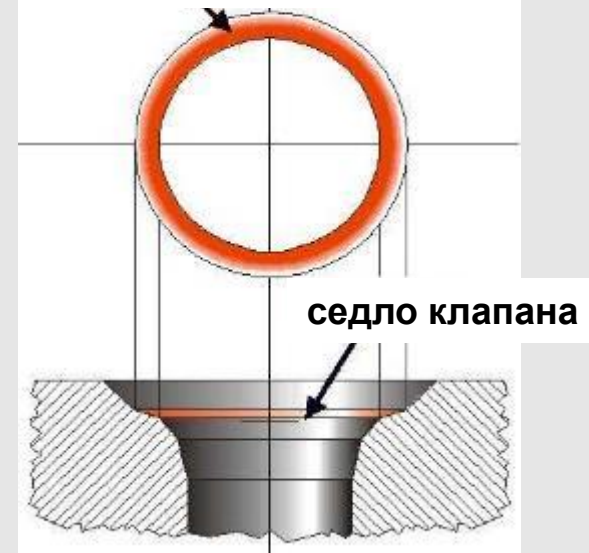
материал: серый чугун (GJL250)

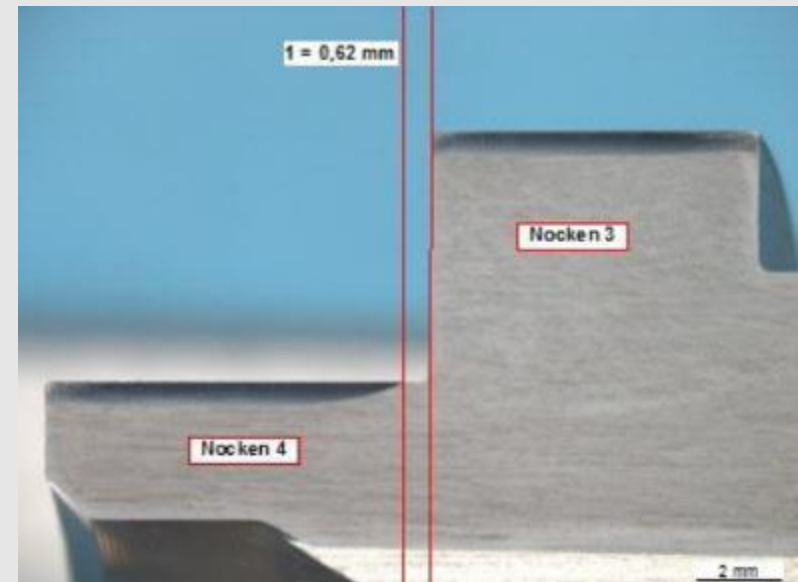
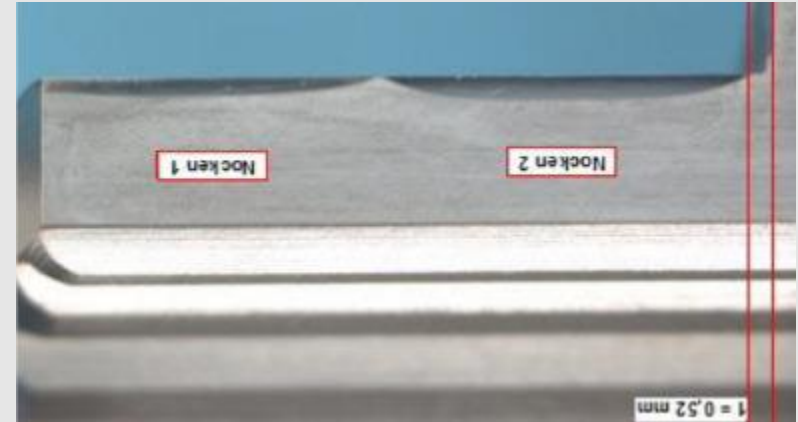
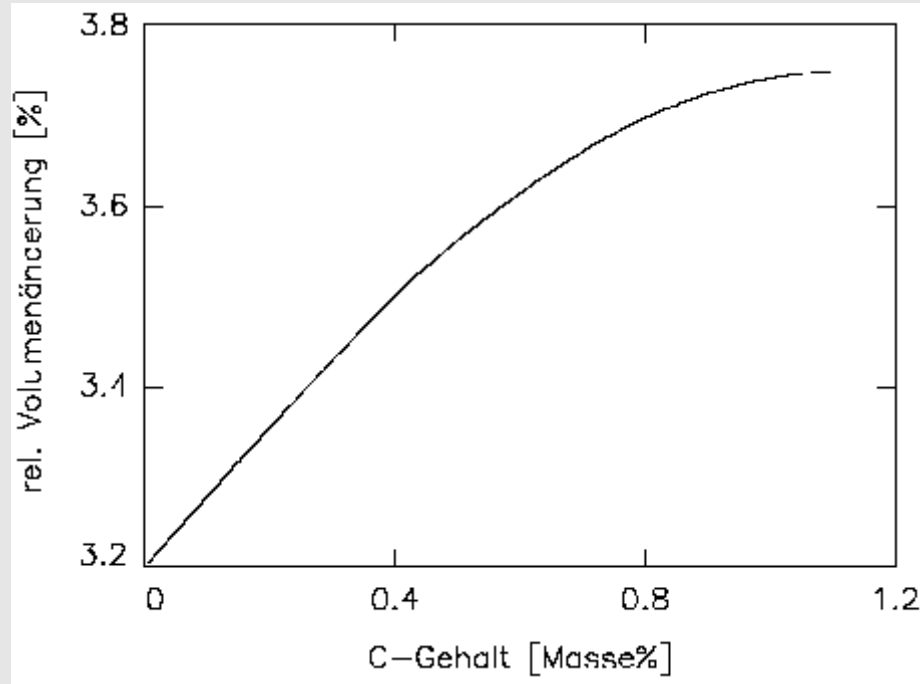
толщина закаливаемого слоя: 0,6 + 0,3 мм

уровень твердости: > 57 по Роквеллу

время производственного цикла: 2 с для
каждого седла (время воздействия)

кольцеобразные
поля теплообмена





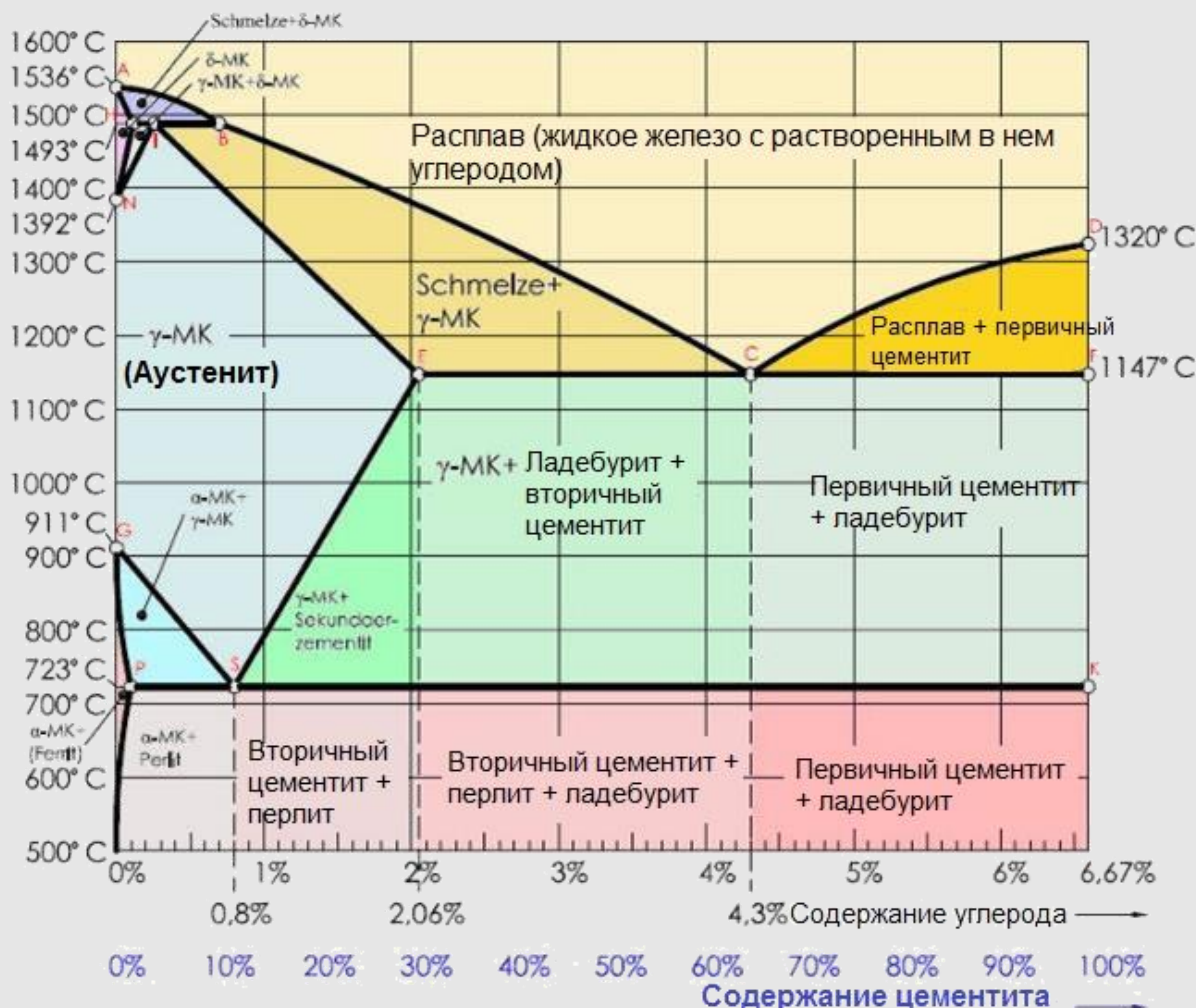


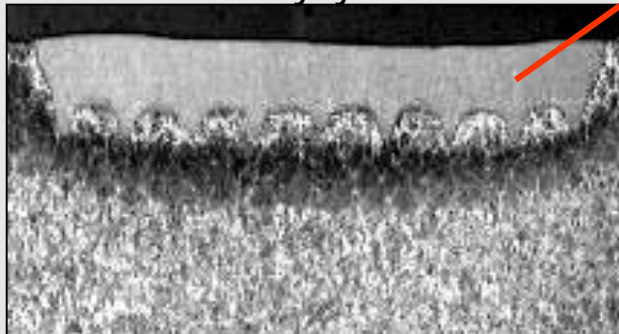
Диаграмма: Железо – Углерод

Закалка переплавки

Литой чугун

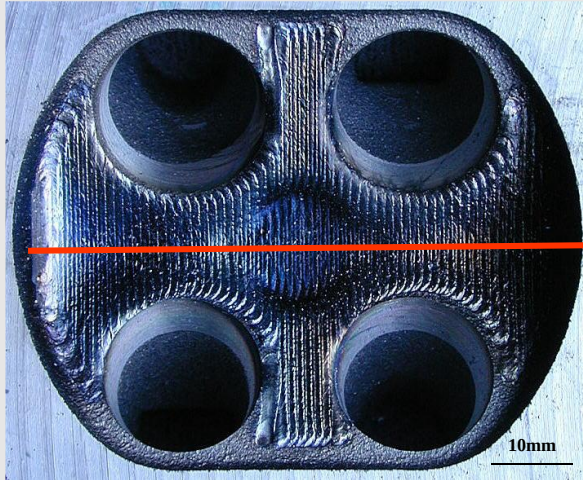


кулачковые валы, переплавленные ЭЛ,
литой чугун

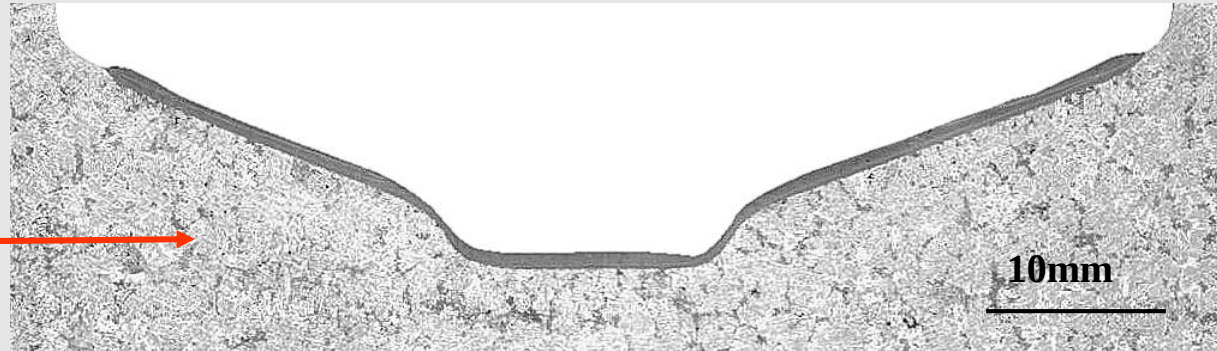


сектор, ледебуритный слой

кулачковый вал
материал: литой чугун (GJL250)
толщина закаливаемого слоя: > 1,0 мм
уровень твердости: > 59 по Роквеллу



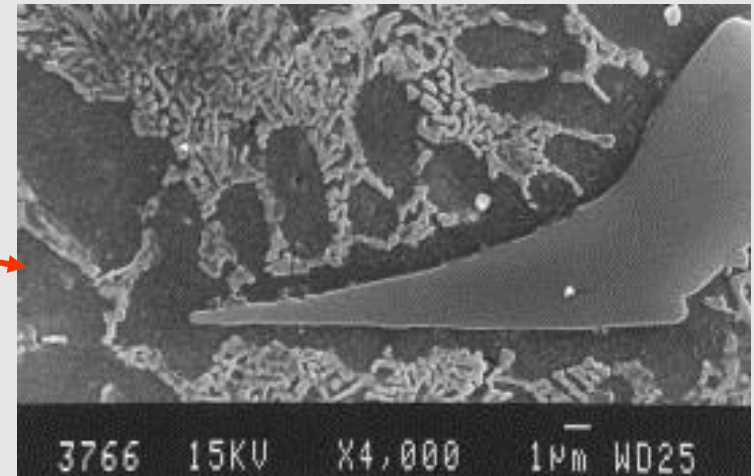
головка цилиндра,
поверхность уплотненная переплавкой



сектор с переплавленным слоем
(исключение пористости)



сектор, световая
микроскопия



сектор, РЭМ
(растровая электронная микроскопия)

Легирование электронным лучом

области применения

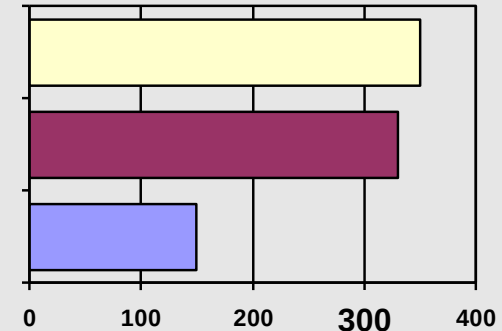


легированная поверхность,
термически напыленное
никелевое покрытие

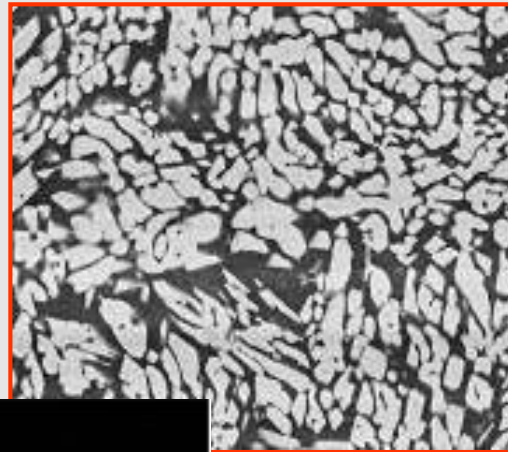
конструкционная сталь

AA7075 легированная

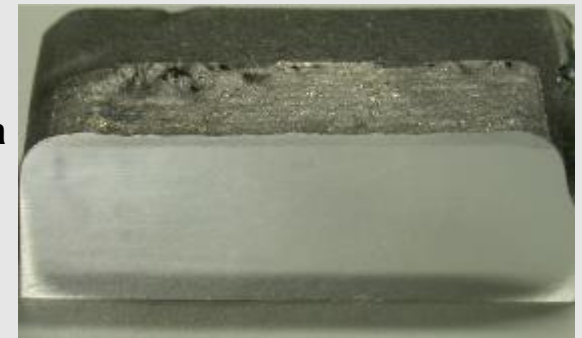
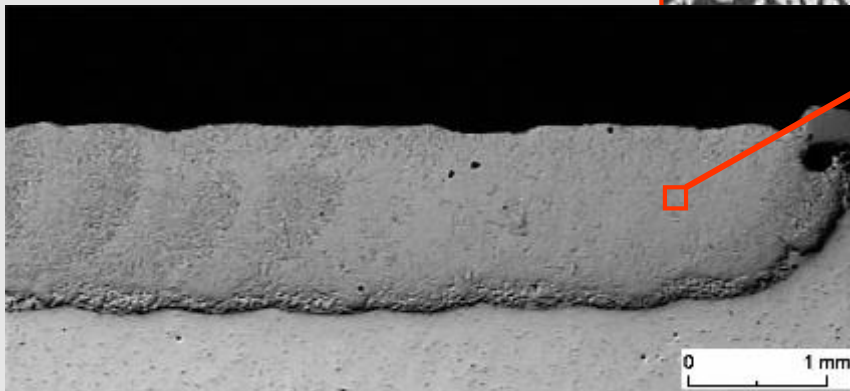
AA7075



Твердость по Виккерсу



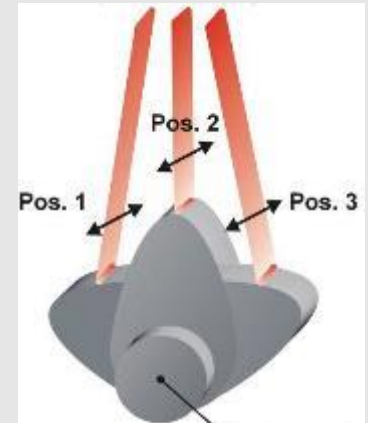
Al_3Ni , Al-матрица



AA 7057, ширина 30 мм,
разделением лучей

Преимущества: (ЗЭЛ)

- наименее вероятная деформация за счет очень низких затрат энергии,
- точно определена форма, свободно программируется
- тепловая обработка завершенных деталей
- как правило, нет воздействия на свойства, чувствительные к изменениям температуры
- без шероховатостей, без обесцвечивания



Спасибо за внимание!

<http://robotek.msk.ru>
info@robotek.msk.ru
+7 (495)778-63-88
+7 (977)133-55-15