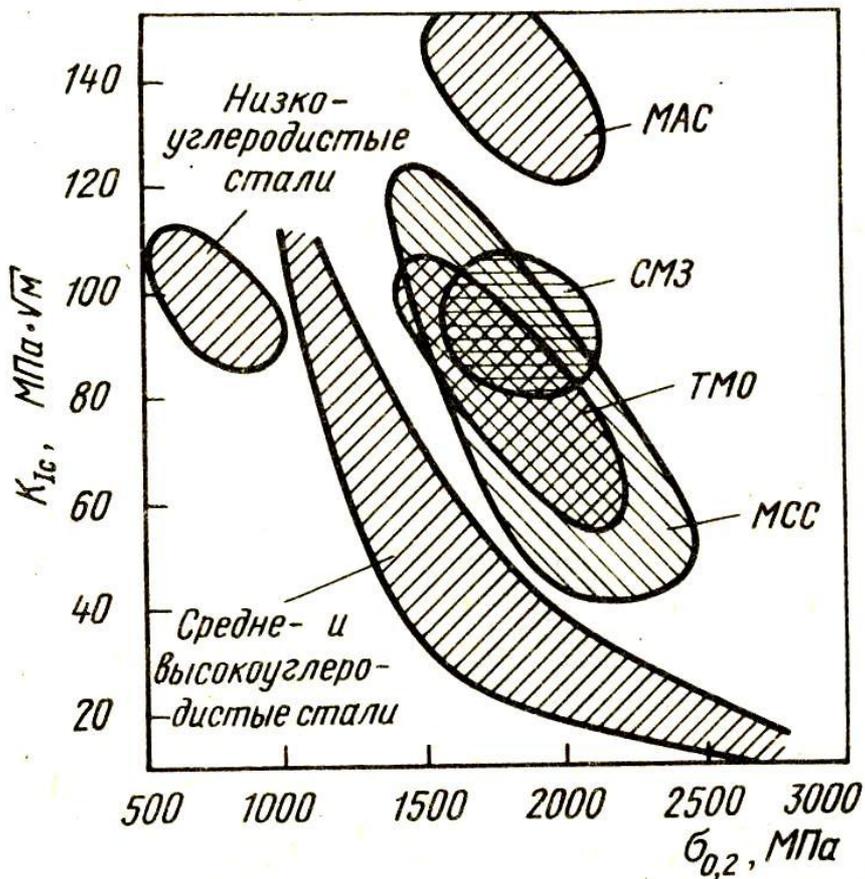


Высокопрочные стали

ДИАГРАММА
КОНСТРУКЦИОННОЙ
ПРОЧНОСТИ



- НУС-низкоуглеродистые
- СУС-среднеуглеродистые
- ВУС-высокоуглеродистые
- МСС-мартенситностареющие
- ТМО-термомеханическая обработка
- СМЗ-сверхмелкое зерно
- МАС- метастабильное аустенитное состояние

Низкоуглеродистые стали с карбонитридным упрочнением

C	0,1-0,2%
M_N	1,3-1,7%
N	0,015-0,025%
C_u	0,15-0,3%
V	0,1-0,2%
M_o	0,15-0,25%



14Г2АФ

12ГН2МФАЮ

14ХГН2МДАФ

ТЕРМООБРАБОТКА

**ЗАКАЛКА + НИЗКИЙ
ОТПУСК**



Среднеуглеродистые стали



25Х2ГНТА

1500 МПА

30ХГСН2А

1750 МПА

40ХСН2МА

2000 МПА



ТЕРМООБРАБОТКА

ЗАКАЛКА + НИЗКИЙ ОТПУСК

<http://uraltehmarsh.tiu.ru/>

Высокоуглеродистые стали



▣ С 0,7-0,8 %

Термообработка

Закалка + низкий
отпуск

Предел прочности
1800-3000МПА

Мартенситно-стареющие стали

Мартенситно-стареющие стали — это без углеродистые комплексно легированные сплавы на железной основе, у которых определенное сочетание легирующих элементов обеспечивает формирование в процессе соответствующей термической обработки пластичной матричной фазы — мартенсита замещения, армированной дисперсными высокопрочными, равномерно распределенными частицами интерметаллидных фаз

Термообработка- Закалка 900-1000С + Старение 500-600С

$\sigma_B = 1550-3000$ МПа; $\sigma_{0,2} = 1500-2950$ МПа;
 $\delta = 15-20\%$; $\psi = 50-80\%$;
KCV = 1,5-3 МДж/м².

мартенситно-стареющие стали

Большинство сталей создано на базе систем

- ▣ Fe – Ni – Mo,
- ▣ Fe – Ni – Co – Mo,
- ▣ Fe – Cr – Ni – Mo,
- ▣ Fe – Cr – Ni – Co – Mo.

▣ <u>H18K3M4T</u>	<u>1550МПА</u>
▣ <u>H18K9M5T</u>	<u>1900МПА</u>
▣ <u>H16K4M5T2Ю</u>	<u>2050МПА</u>
▣ <u>H17K10M2B10T</u>	<u>2350МПА</u>
▣ <u>H12K12M10T10</u>	<u>3000МПА</u>

Мартенситно-стареющие стали

Мартенситно-стареющие стали обладают высокой конструкционной прочностью в интервале температур от криогенных до 500 °С

Рекомендуются для изготовления корпусов ракетных двигателей, стволов артиллерийского и стрелкового оружия, корпусов подводных лодок, батискафов, высоконагруженных дисков турбомашин, зубчатых колес



Коррозионностойкие МСС

08X15H5Д2Т

ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ

03X12H8K5M3Т

1350-1800МПА

03X12H10Д2ТБ

ПРЕДЕЛ ТЕКУЧЕСТИ

1200-1700МПА



Стали с метастабильным аустенитным состоянием

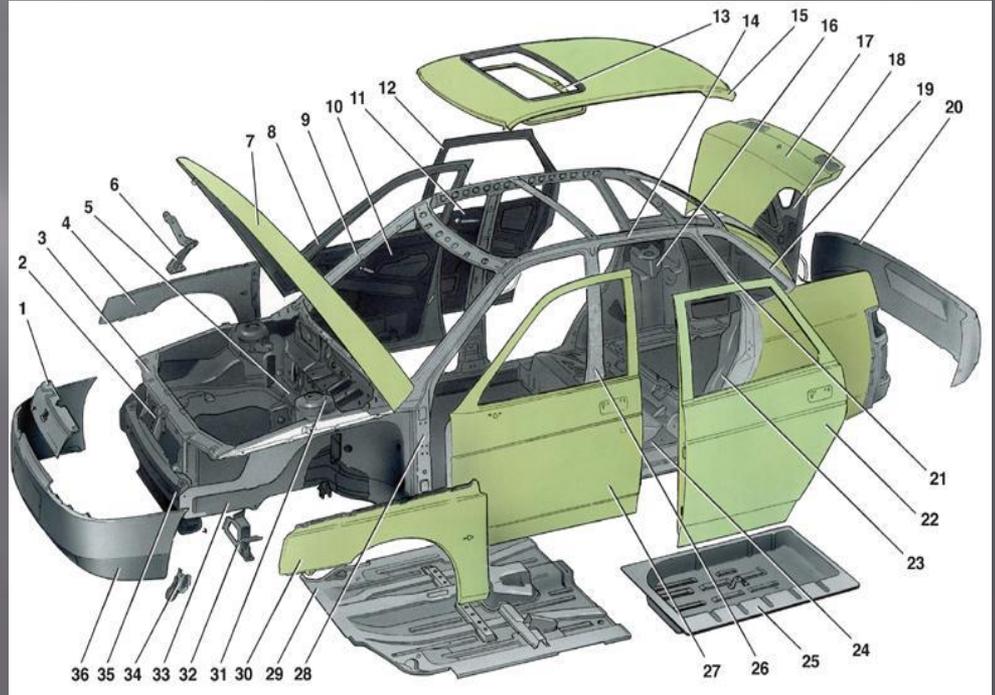
- ▣ 25Н24М4
- ▣ 24Н21Г2С2М4
- ▣ 30Х10Г10
- ▣ 03Х14АГ12

- ▣ Закалка 1000-1100С
- ▣ Деформация при 250-550С
- ▣ Предел прочности σ_B 1500-2000МПА
- Относительное удлинение δ 50-80%

СТАЛИ ДЛЯ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ

Стали для холодной штамповки





Основные требования

ВЫСОКАЯ ШТАМПУЕМОСТЬ

Механические свойства

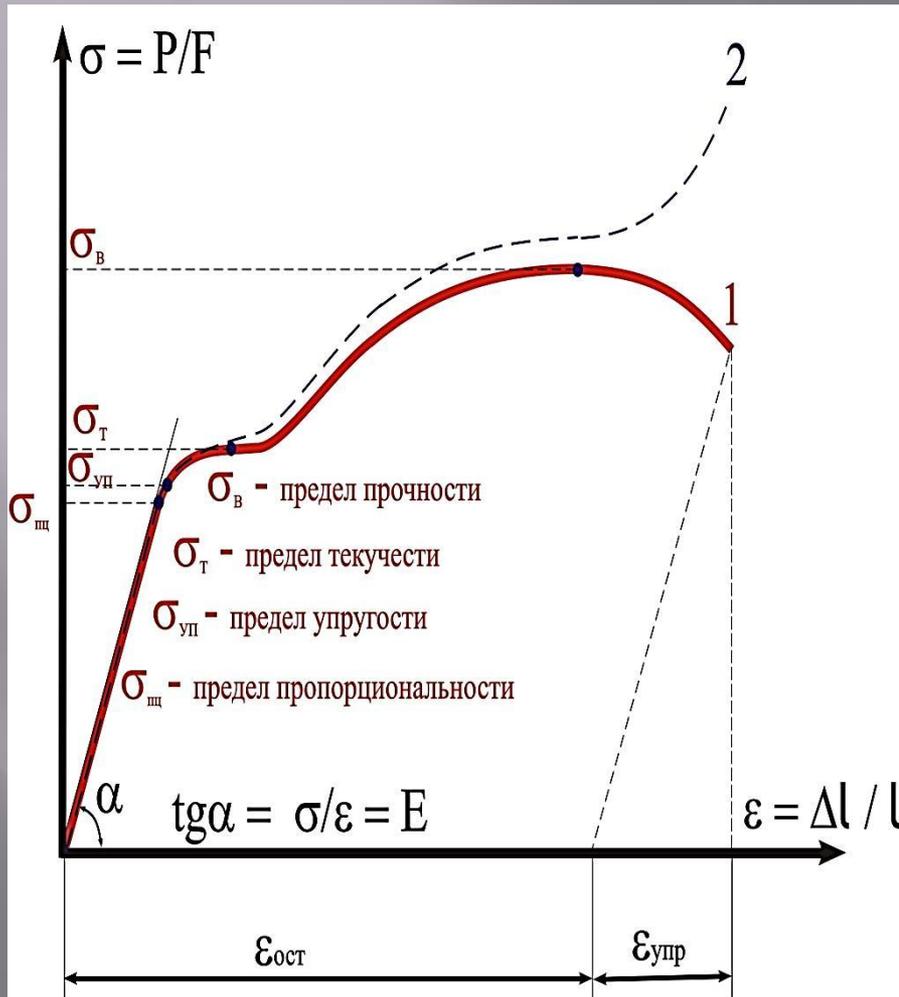
- ▣ минимальная твердость
- ▣ максимальная пластичность

ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ

Структура металла

- ▣ средний размер зерна феррита
- ▣ мелкая структура перлита
- ▣ отсутствие разноструктурности и полосчатости

Требования по механическим свойствам



Число текучести

$$\sigma_{\text{T}} / \sigma_{\text{в}} = 0,5-0,6$$

$$\sigma_{\text{в}} = 280-330 \text{ МПа}$$

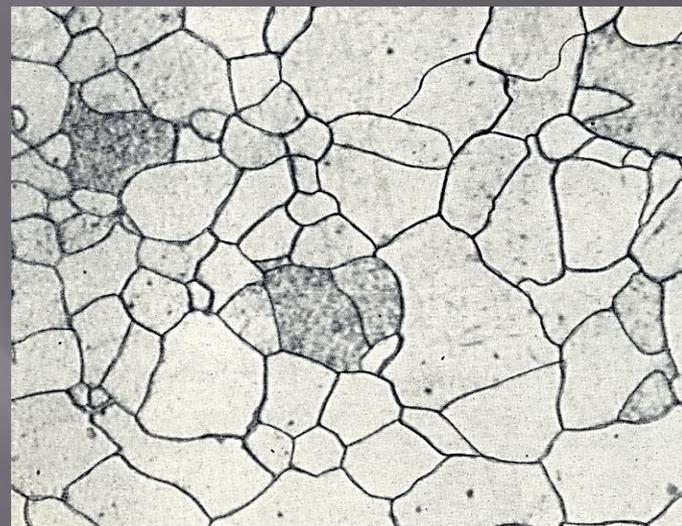
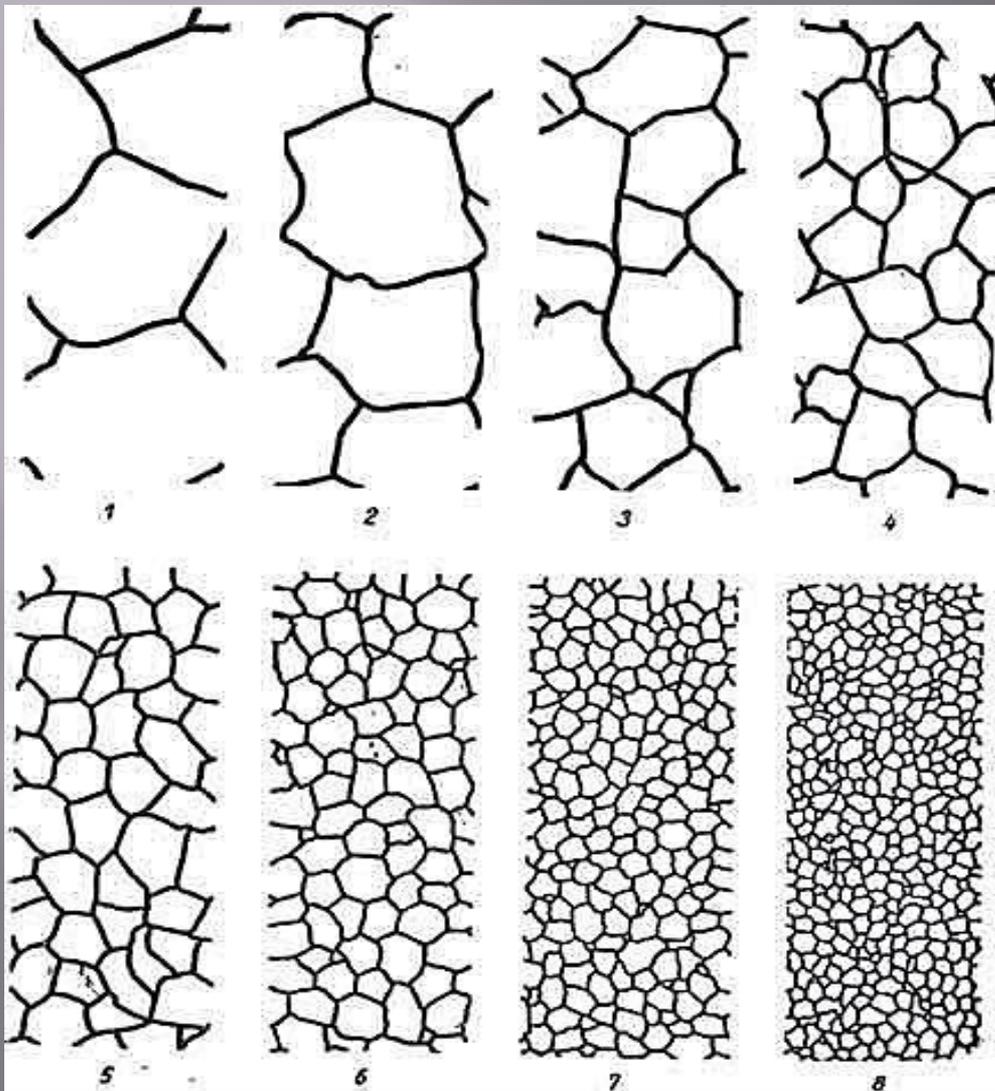
$$\delta = 33 - 45\%$$

Твердость <
45HRb

Требования к структуре

- ▣ Среднее зерно феррита
- ▣ Мелкие выделения зернистого перлита
- ▣ Отсутствие карбидной сетки цементита третичного по границам зерен
- ▣ Отсутствие полосчатости структуры
- ▣ Отсутствие текстуры
- ▣ Отсутствие разноструктурности

Зерно феррита 6-8 балл (0,05...0,03 мм)



Термообработка

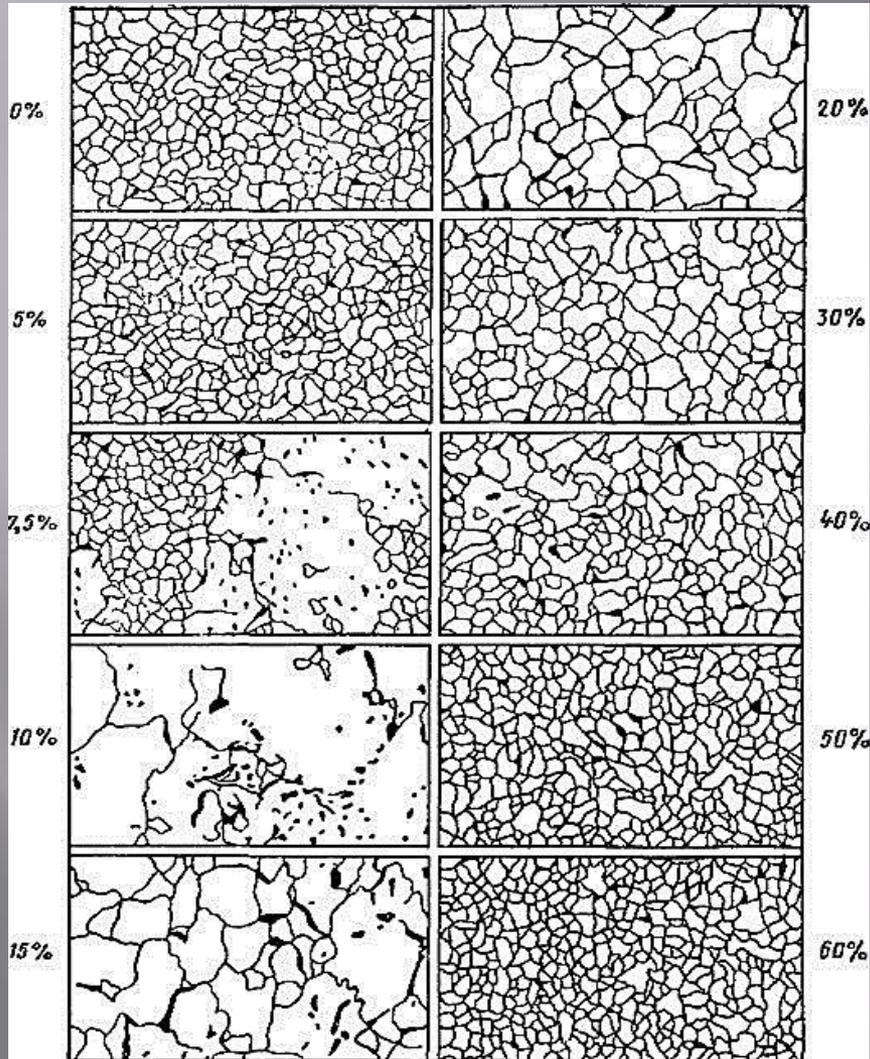
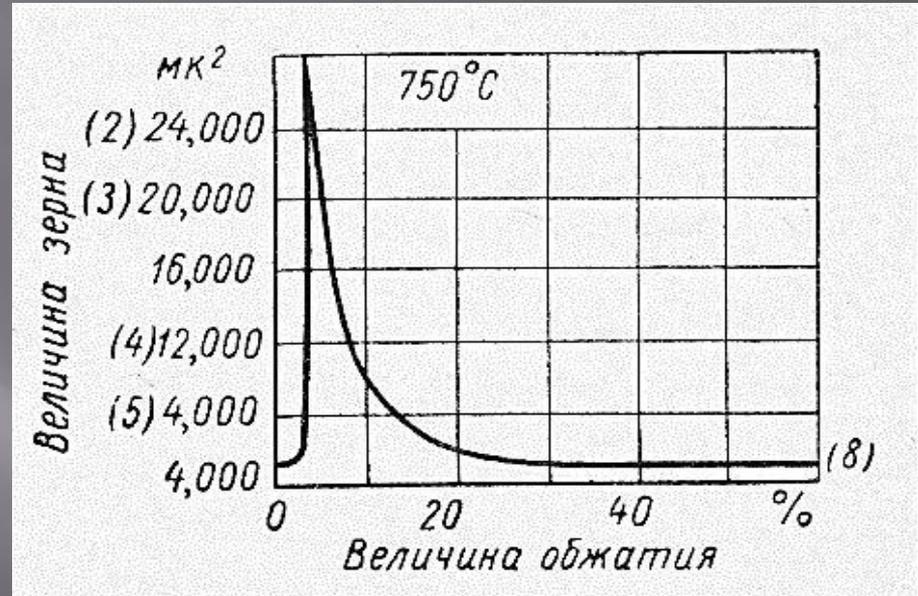


Рис. 144. Схема микроструктуры стали 08кп после отжига (730°C) в зависимости от степени обжатия

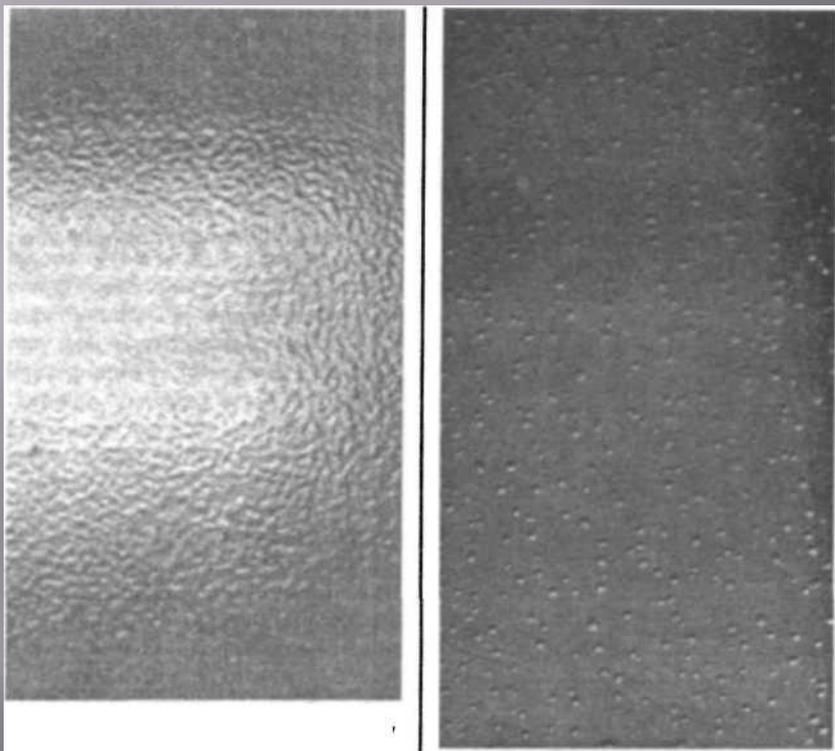


- Рекристаллизационный отжиг $T=650-680^{\circ}\text{C}$
- Степень предшествующей деформации 30-50%

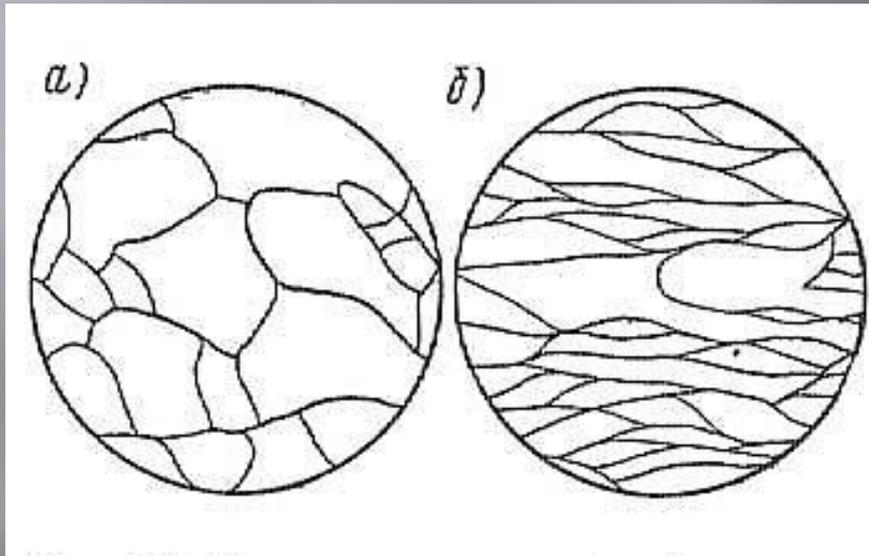
**Крупное зерно феррита вызывает
дефект поверхности типа
«апельсиновая корка»**



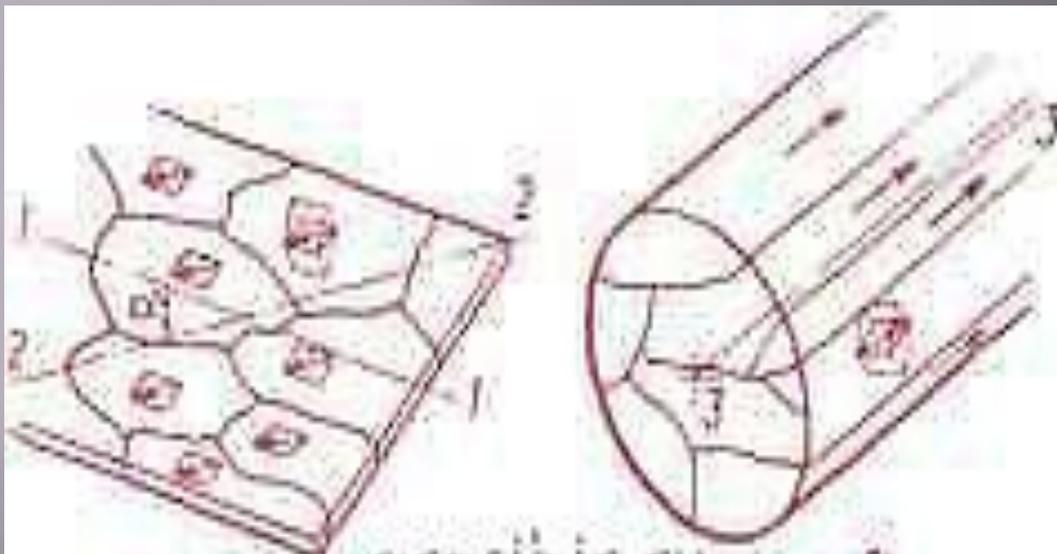
Дефект «апельсиновая корка»



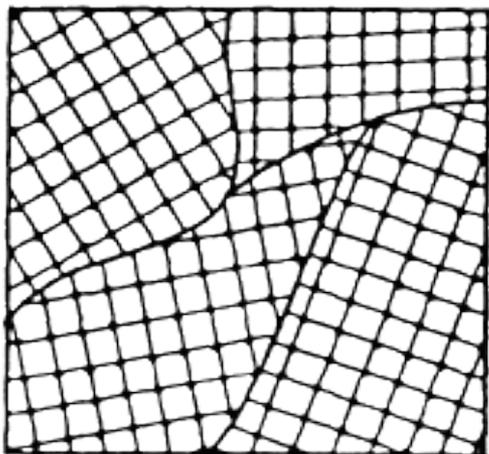
Полосчатость структуры после прокатки



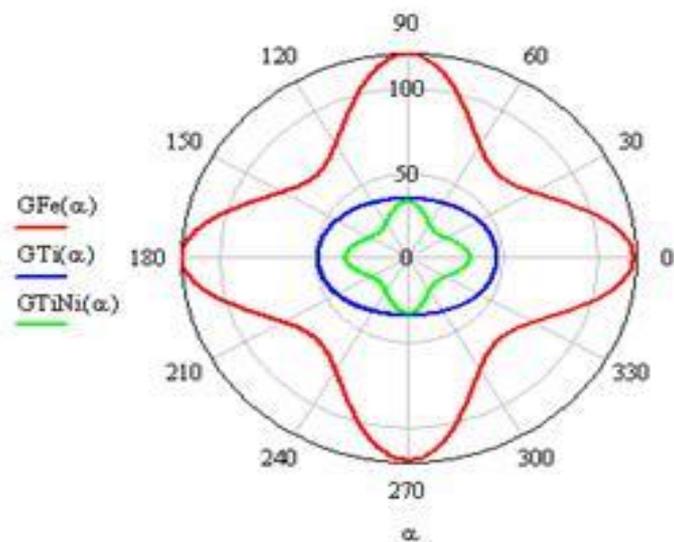
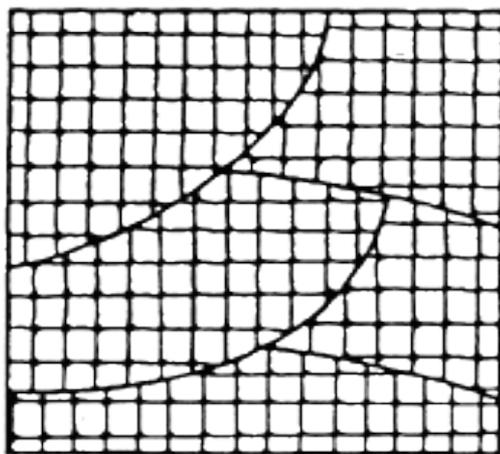
Текстура деформации



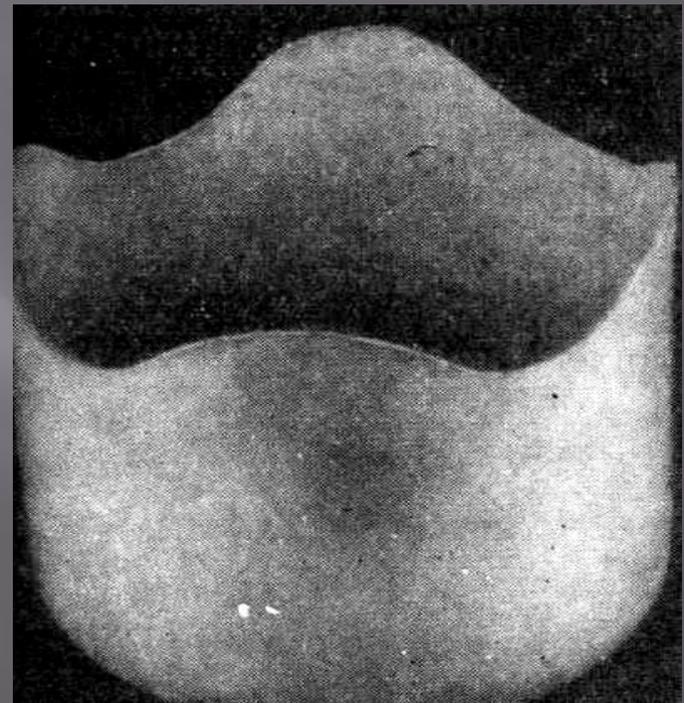
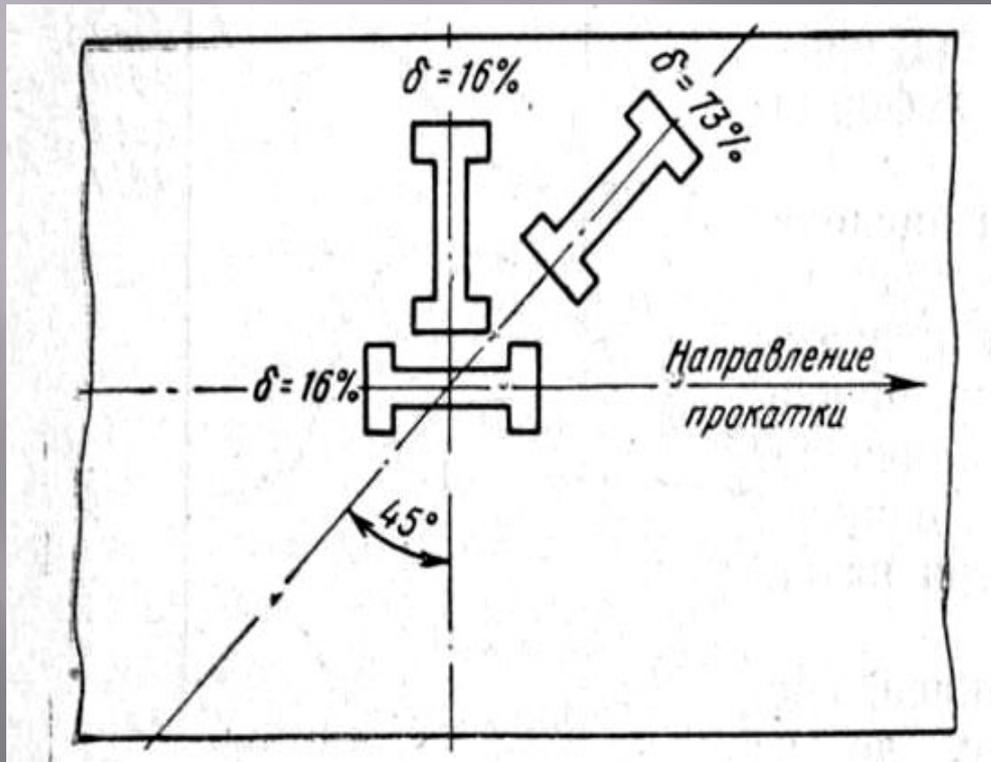
a



b



Фестоны



Стали для холодной штамповки (химический состав)

Наибольшее влияние на повышение прочности оказывают С, Si, Mn, Al, Cr

Снижают пластичность Mn, N, S, С, P, Si.

Оптимальное содержание

- ▣ С 0,05-0,08%
- ▣ Mn 0,3-0,5%
- ▣ Si 0,04-0,05%
- ▣ S, не более 0,03% и P не более 0,015%
- ▣ Cr, Ni не более 0,04%
- ▣ Al 0,03-0,04%
- ▣ N не более 0,004—0,006 %

Группы вытяжки

сталей для холодной штамповки

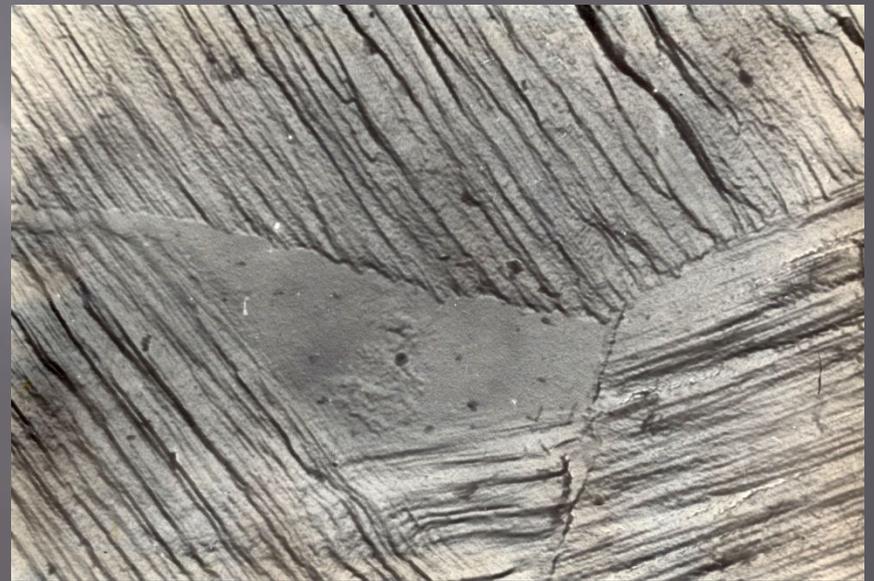
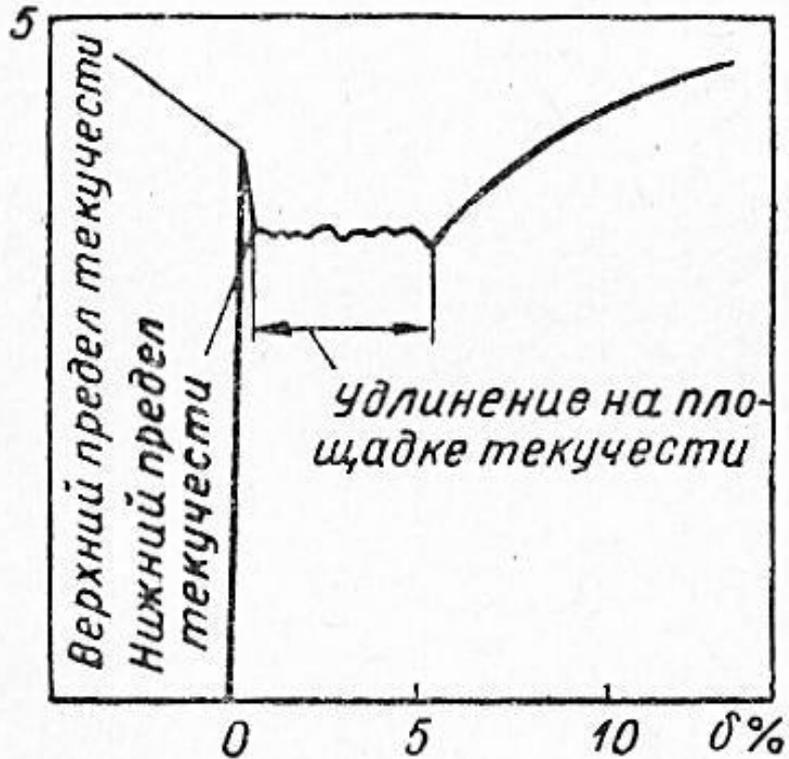
Стальные листы для холодной штамповки в зависимости от максимально возможной степени деформации листа разделяют на следующие группы:

- особо сложной вытяжки (ОСВ)
- сложной вытяжки (СВ)
- весьма глубокой вытяжки (ВГ),
- глубокой вытяжки (Г),
- нормальной вытяжки (Н).

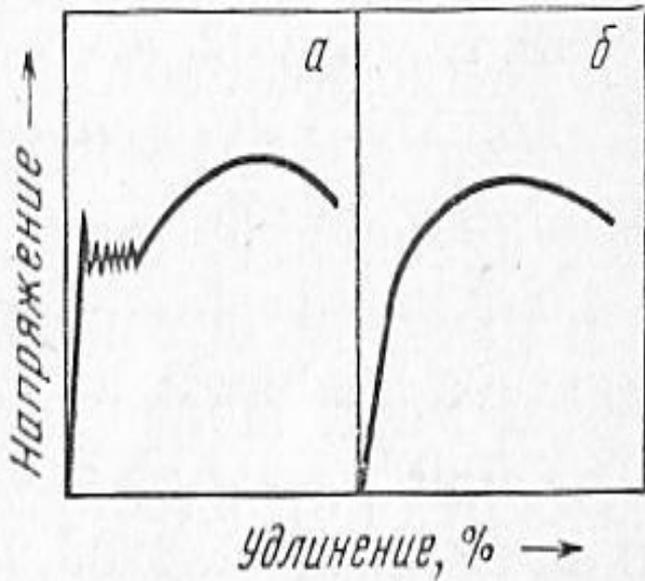
Стали для холодной штамповки (основные марки)

	Предел прочности	Относительное	
Марка	МПА	удлинение , %	Примечание
Ст.2-Ст3	340-420	26 - 31	Группы вытяжки Н, Г, ВГ
08кп 08пс,	280-390	30—34	
10кп	280-420	28—32	
10	300-440	28—30	
15кп	320-460	27—29	
15,	340-480	25—27	
20кп	350-510	24—26	
20	400-550	23—24	
08кп 08Фкп	260—330	42 - 44	СВ, ОСВ СВСВ
08Ю	260—340		

Деформационное старение



Деформационное старение

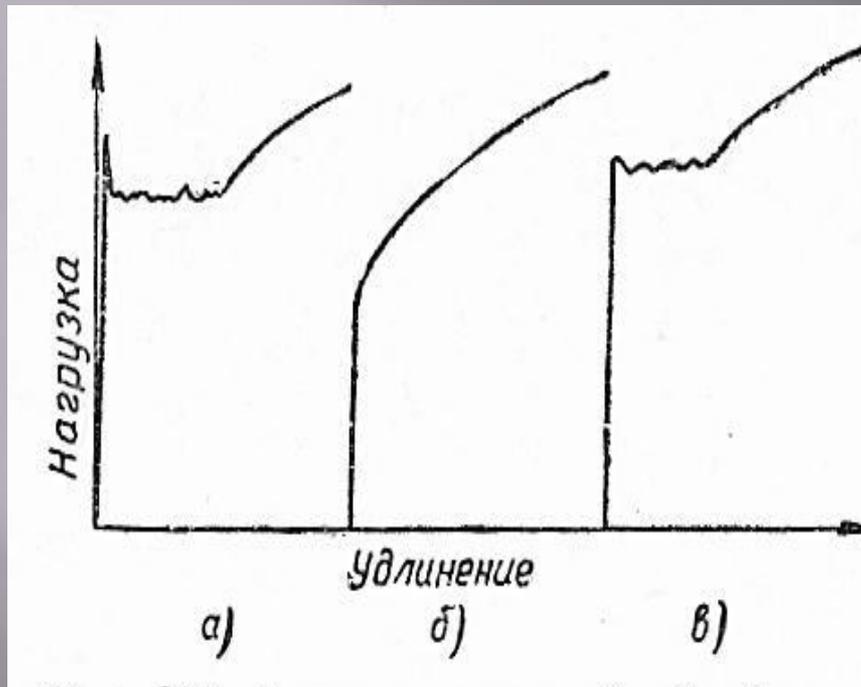


а- стареющая
б-нестареющая

Для устранения склонности к старению сталь микролегируют алюминием (0,02-0,05%) или ванадием (0,02-0,04%), связывающими азот, находящийся в твердом растворе и вызывающий деформационное старение, в нитриды AlN и VN .

Стали 08Ю и 08Фкп
нестареющие.

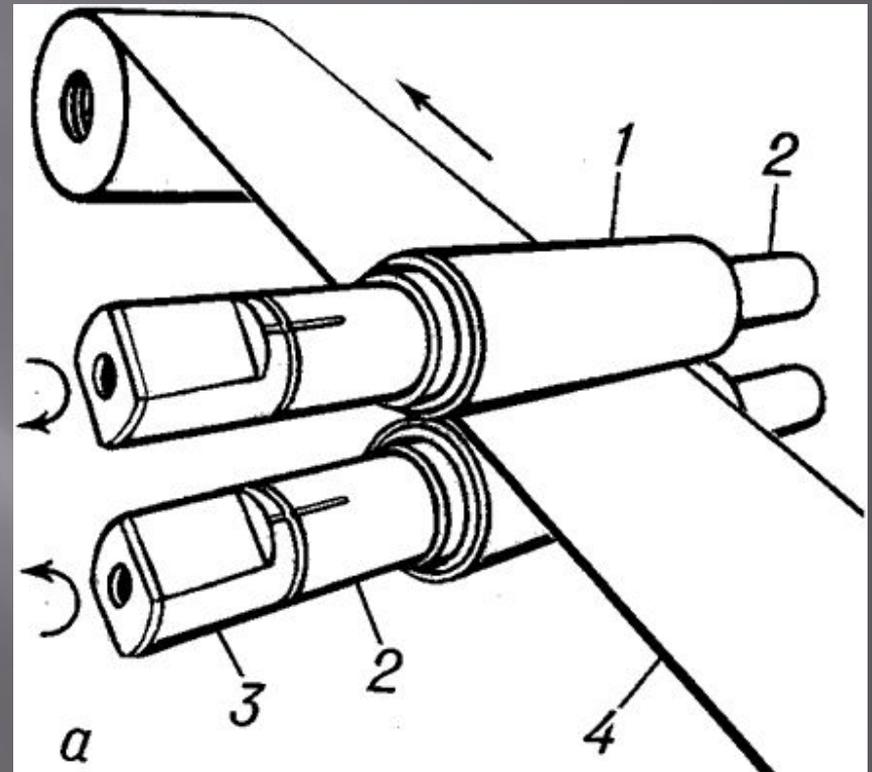
Дрессировка стали



а – после отжига

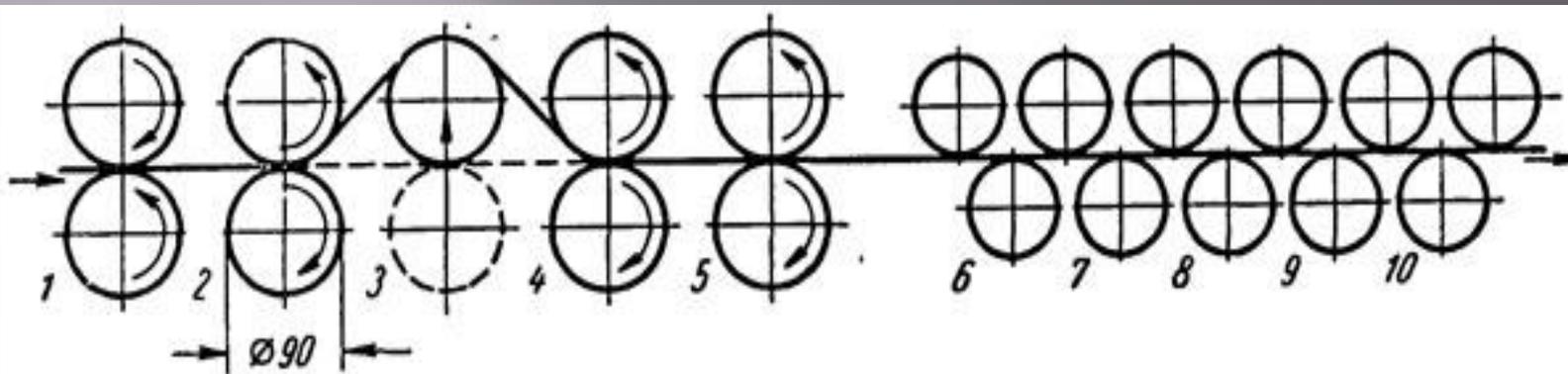
б – после дрессировки

в – после дрессировки и старения



Для устранения эффекта деформационного старения холоднокатаный и отожженный лист перед деформацией подвергают дрессировке, т. е. небольшой пластической деформации со степенью обжатия 1–2 %

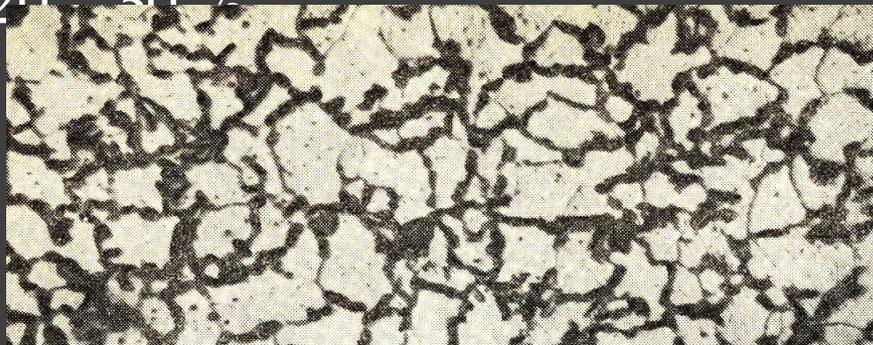
Дрессировка стали

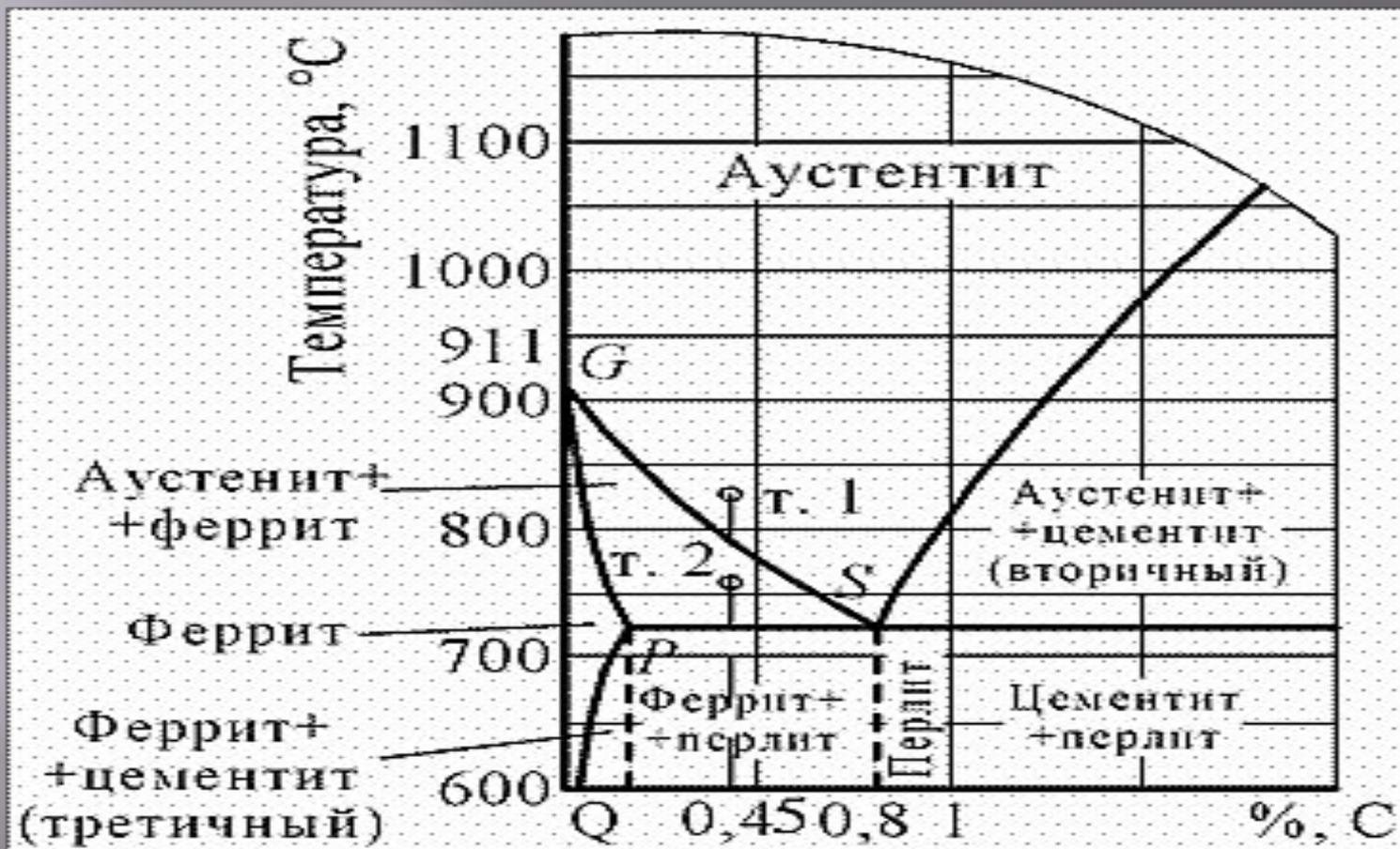


Вальцовка

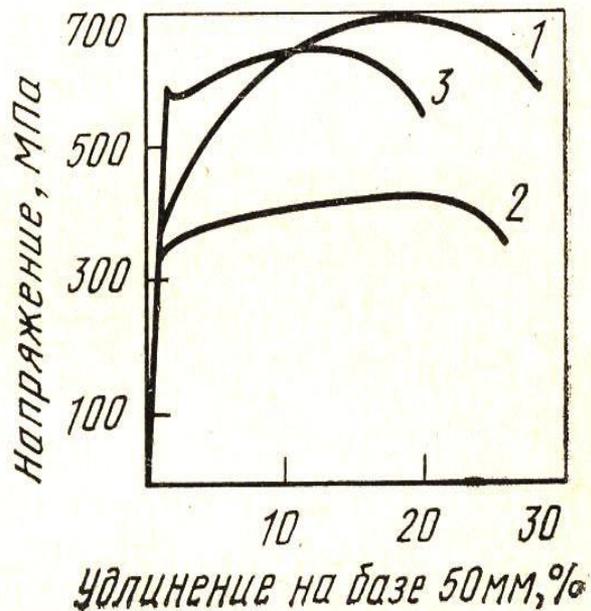
Двухфазные феррито-мартенситные стали (ДФМС)

Для штамповки изделий, требующих повышенной прочности, применяют низколегированные «двухфазные стали» со структурой, состоящей из высокопластичной ферритной матрицы и упрочняющей фазы мартенсита или бейнита в количестве 20–30 %





Такая структура получается в низкоуглеродистых (0,06 – 0,12 % C) низколегированных сталях (09Г2С, 09Г2, 16ГФР, 10Г2Ф, 12ХМ и др.) после закалки в воде из межкритического интервала температур (Ac1 < Tзак < Ac3)



1 – сталь ДФМС

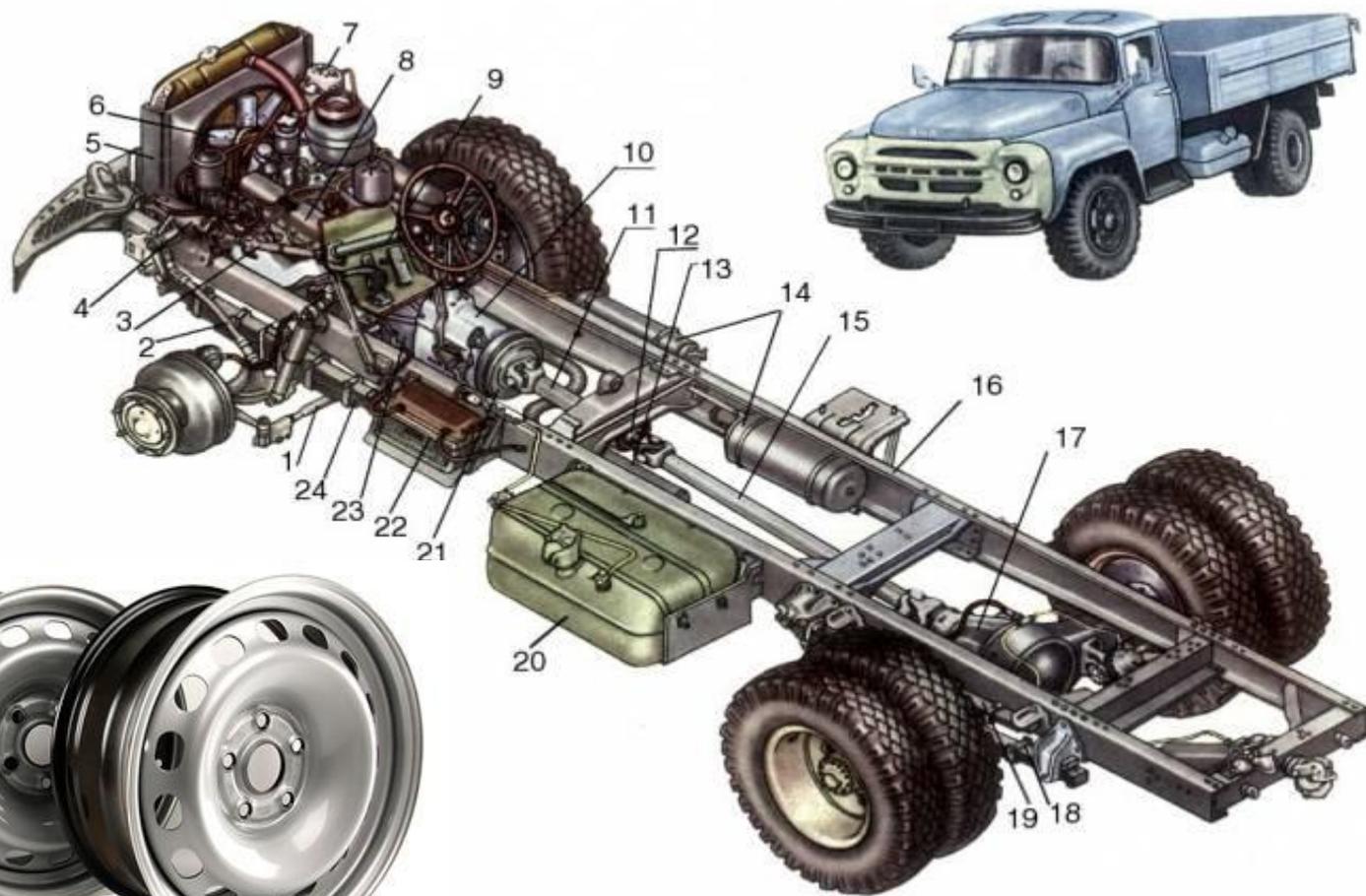
2 – сталь 08кп

3 – низколегированная
сталь

После такой закалки сталь обладает высокой пластичностью, низким пределом текучести (менее 450 МПа) и высоким временным сопротивлением более 700 МПа.

Это облегчает выполнение глубокой штамповки без образования трещин.

В процессе штамповки за счет деформационного упрочнения (наклепа) механические свойства изделий из сталей ДФМС существенно повышаются



Steel Wheels

Высокопрочные стали в автомобилестроении

03ХГЮ
06ХГСЮ
08Г2СФБ
12ХМ

ТЕРМООБРАБОТКА
НЕПОЛНАЯ ЗАКАЛКА

