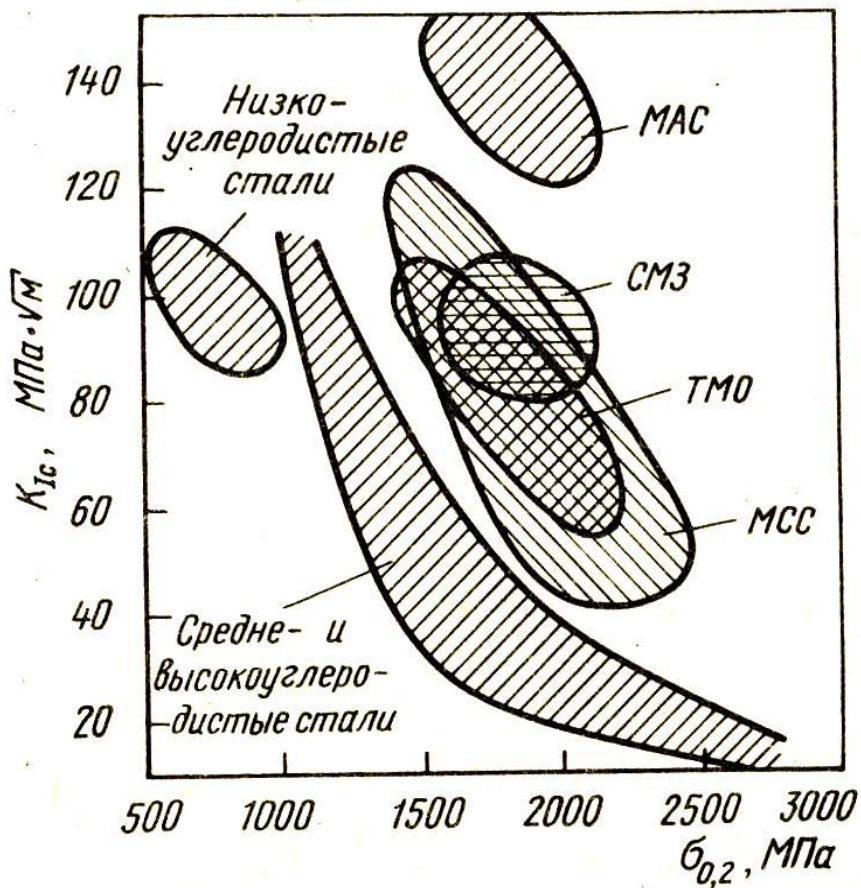


Высокопрочные стали

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



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

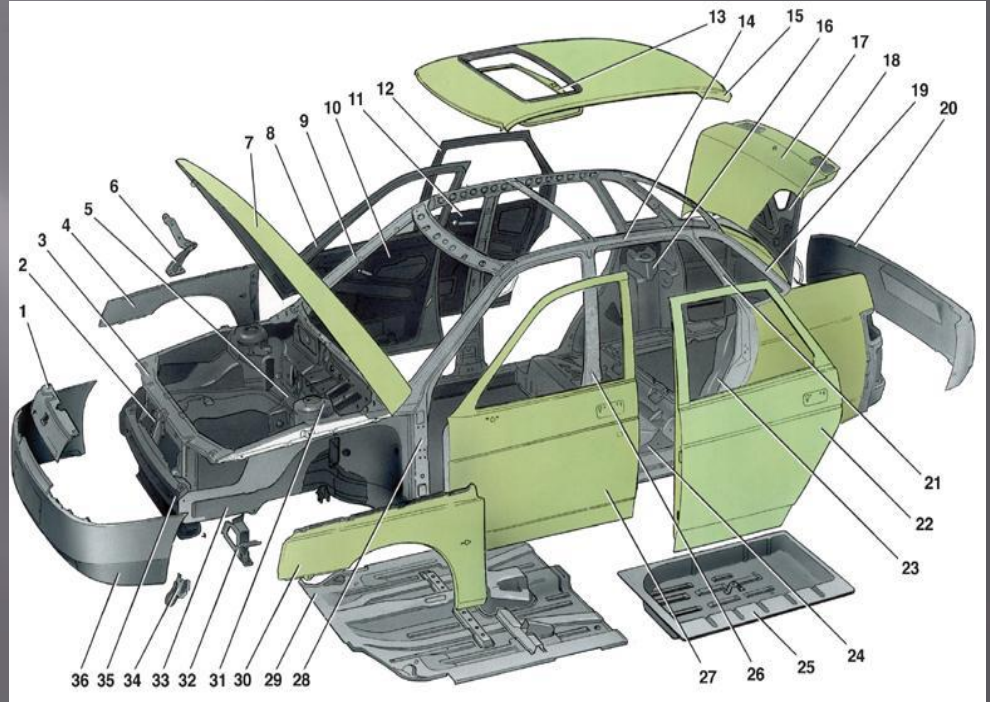
- ▣ 25Н24М4
- ▣ 24Н21Г2С2М4
- ▣ 30Х10Г10
- ▣ 03Х14АГ12

- ▣ 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

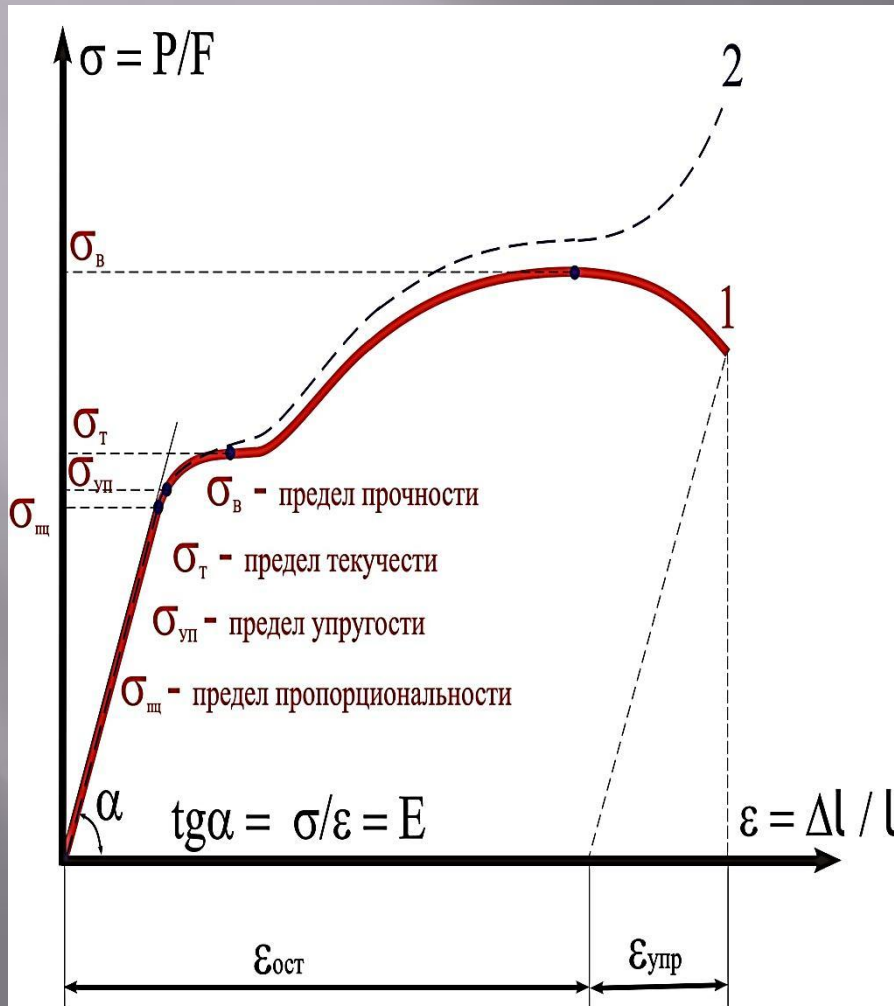
- ▣ минимальная твердость
- ▣ максимальная пластичность

ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ

Структура металла

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

Требования по механическим свойствам



Число текучести

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

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

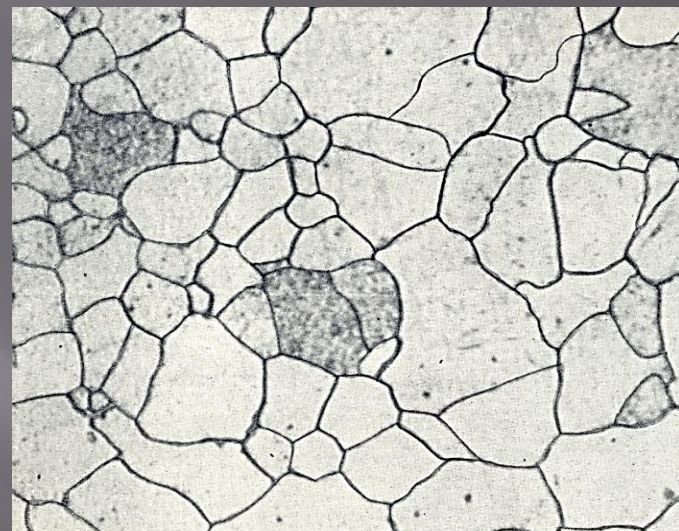
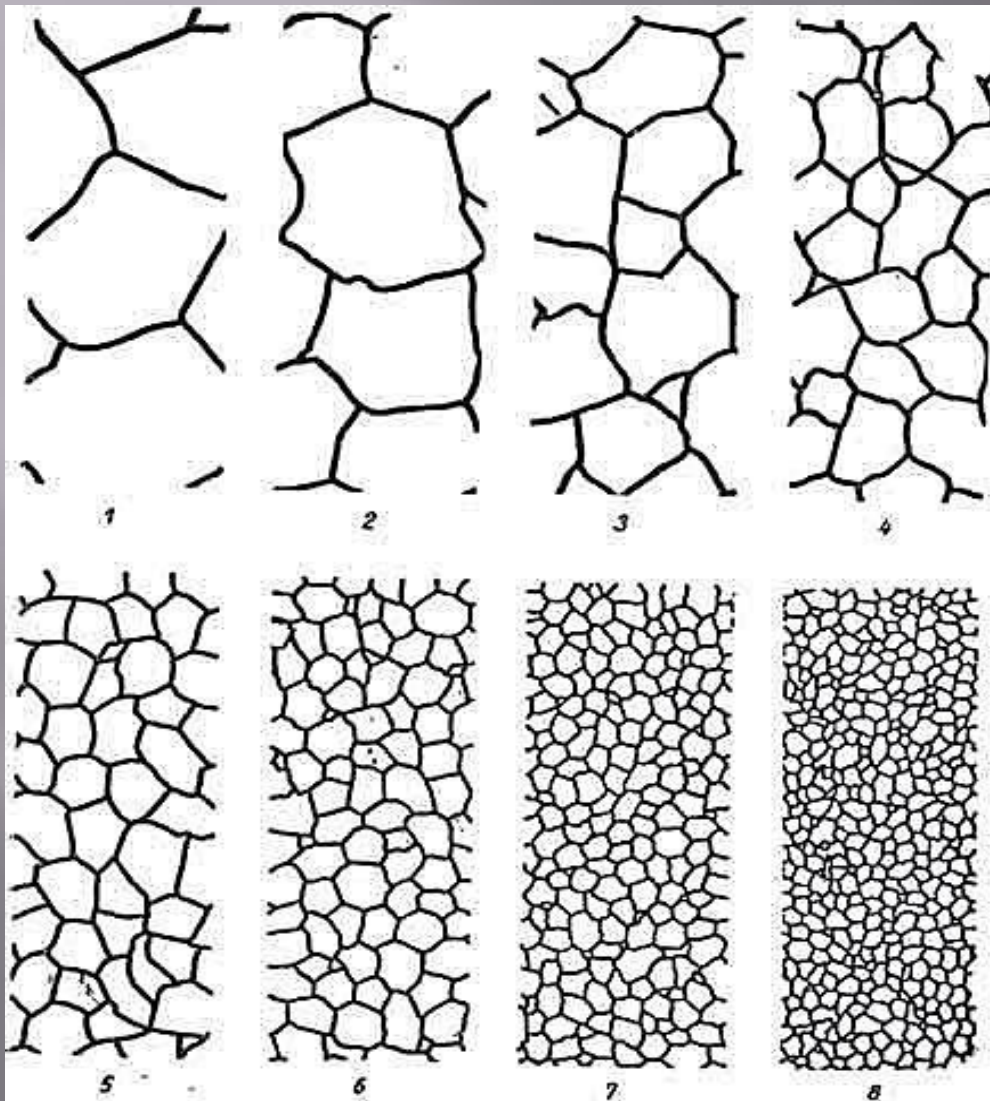
$$\delta = 33 - 45\%$$

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

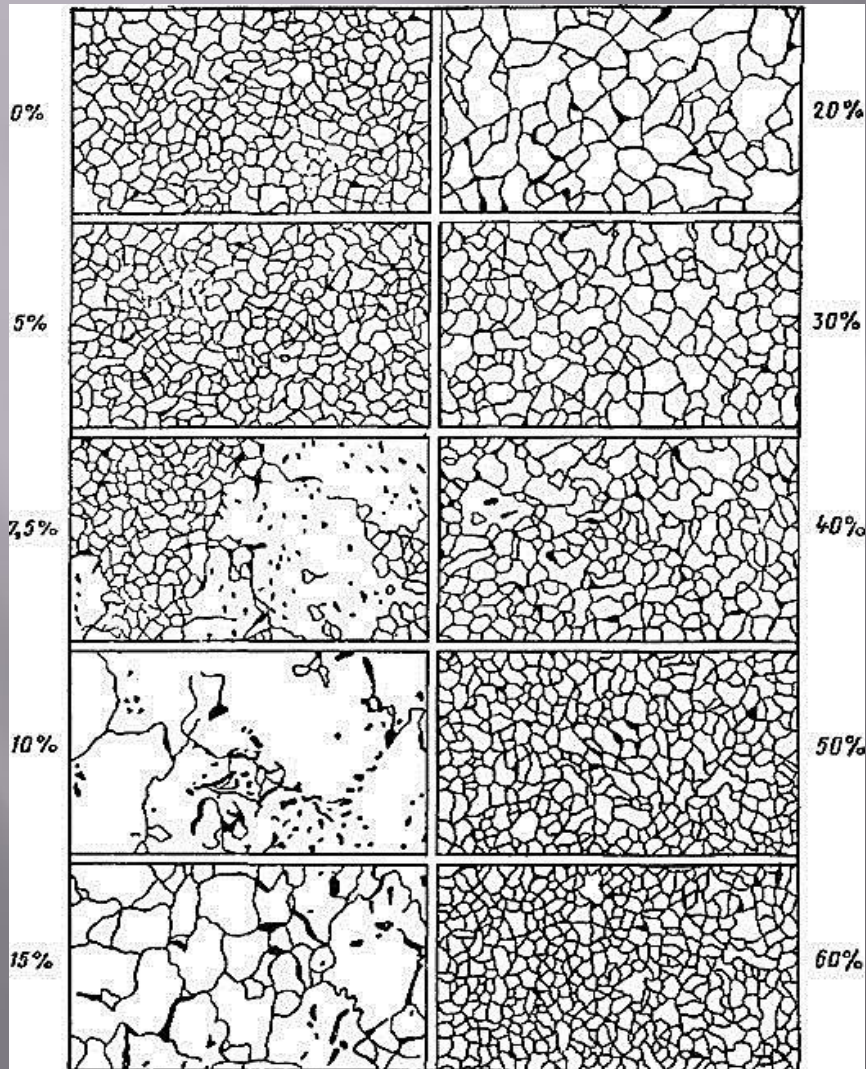
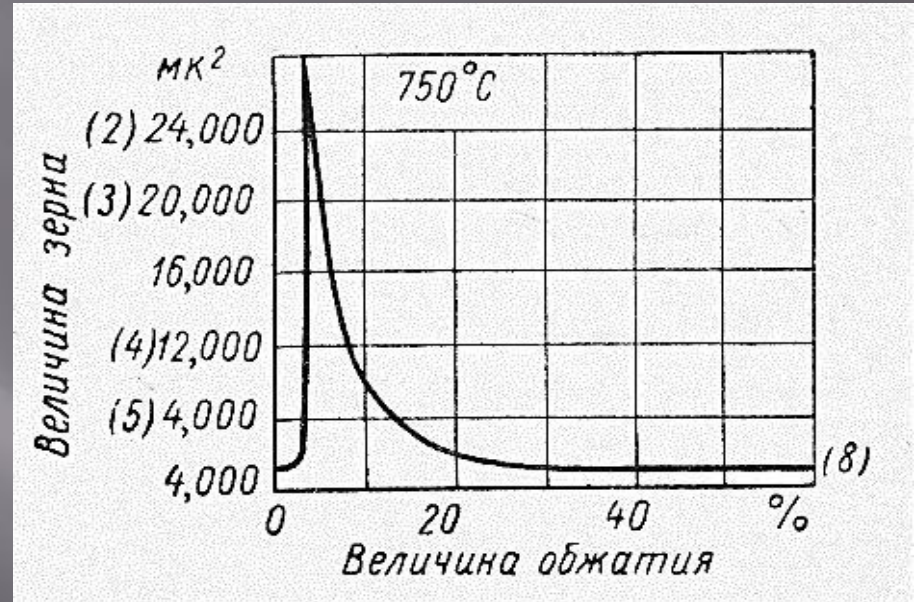


Рис. 144. Схема микроструктуры стали 08кп после отжига (730°C) в зависимости от степени обжатия

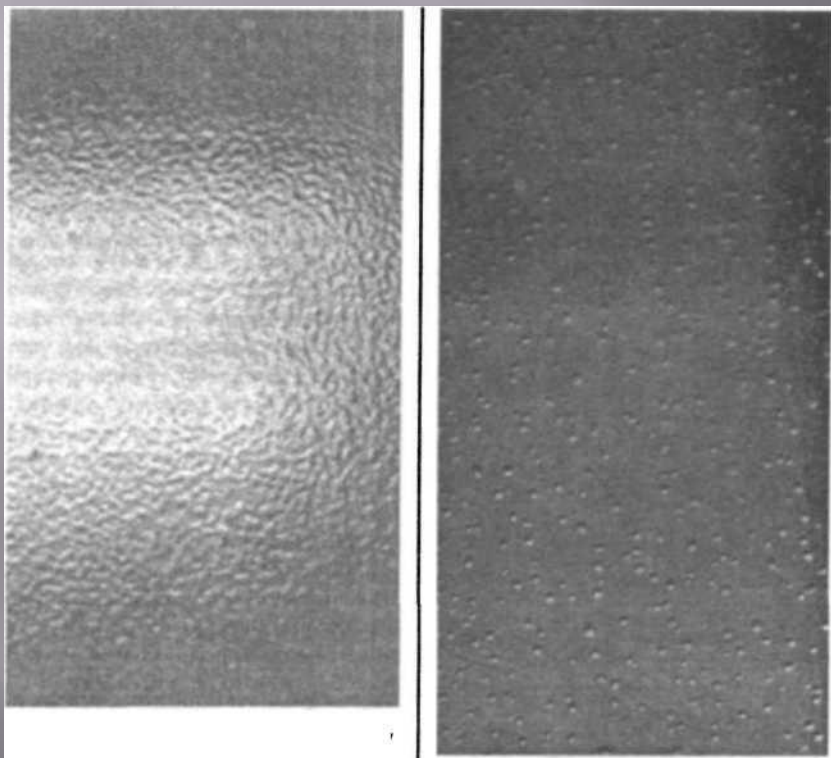


- Рекристаллизационный отжиг $T=650-680^{\circ}\text{C}$
- Степень предшествующей деформации 30-50%

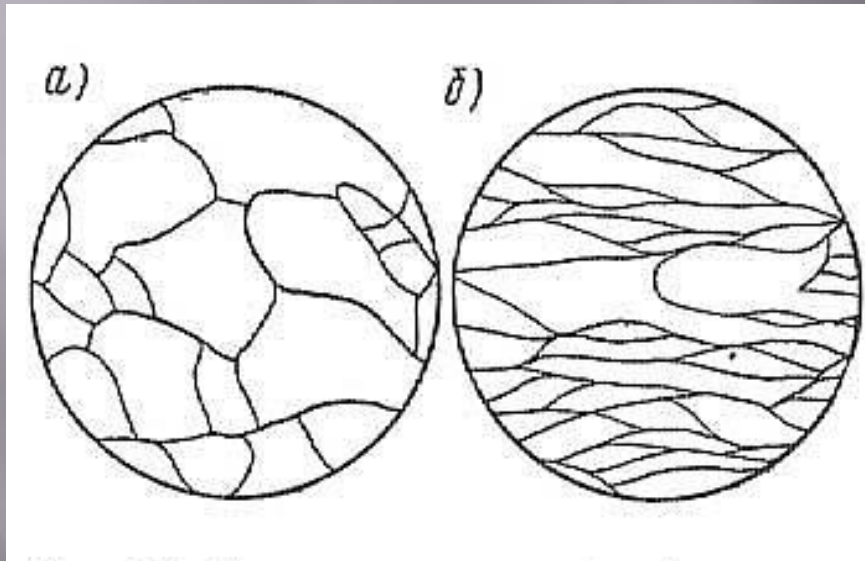
**Крупное зерно феррита вызывает
дефект поверхности типа
«апельсиновая корка»**



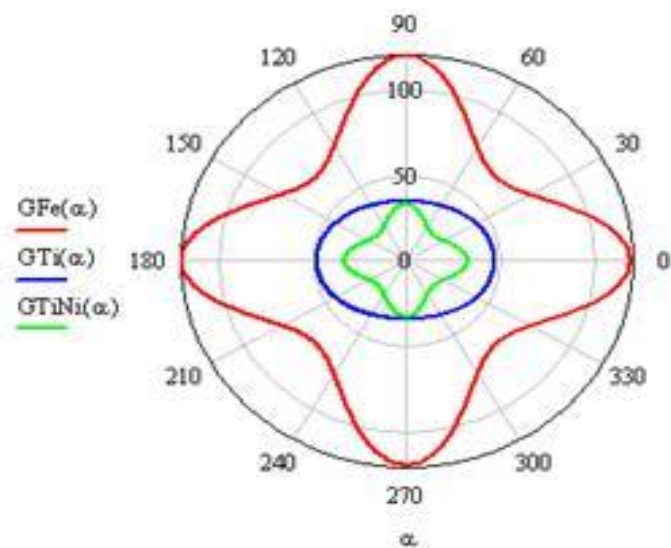
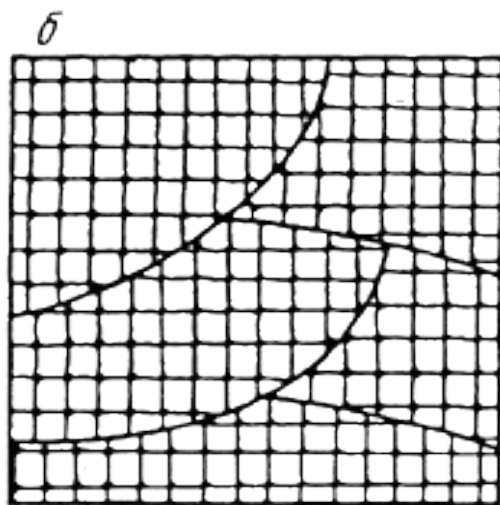
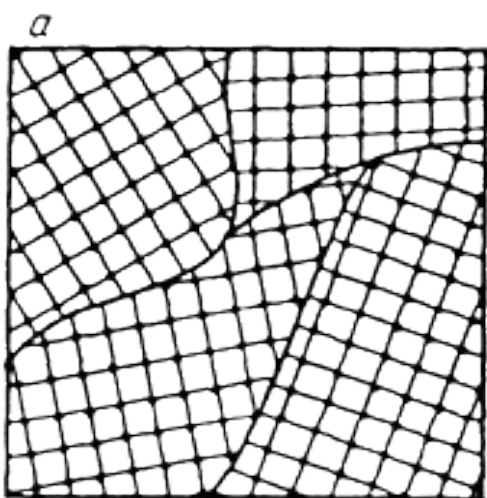
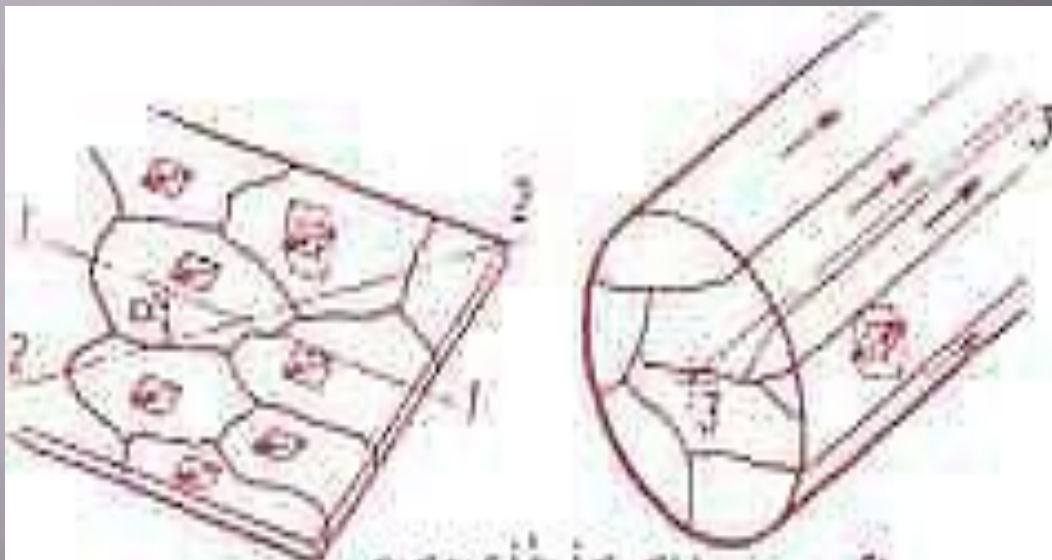
Дефект «апельсиновая корка»



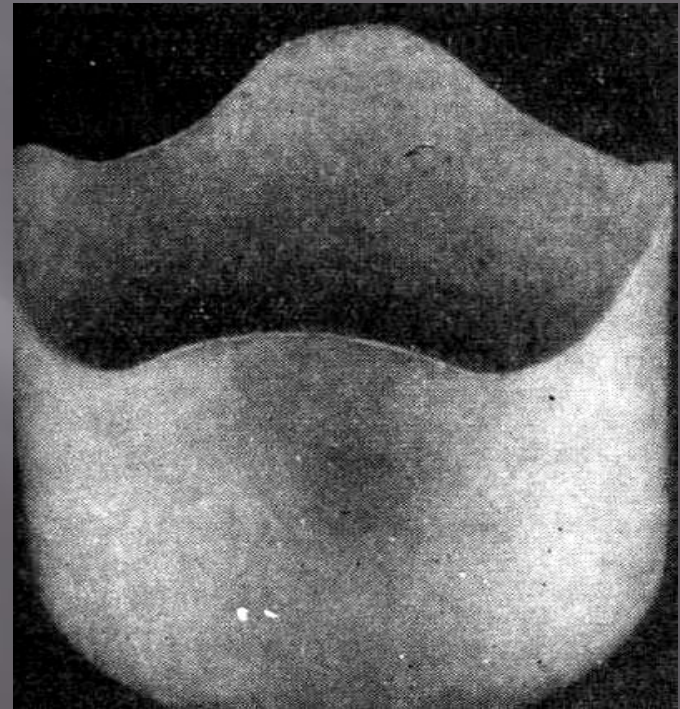
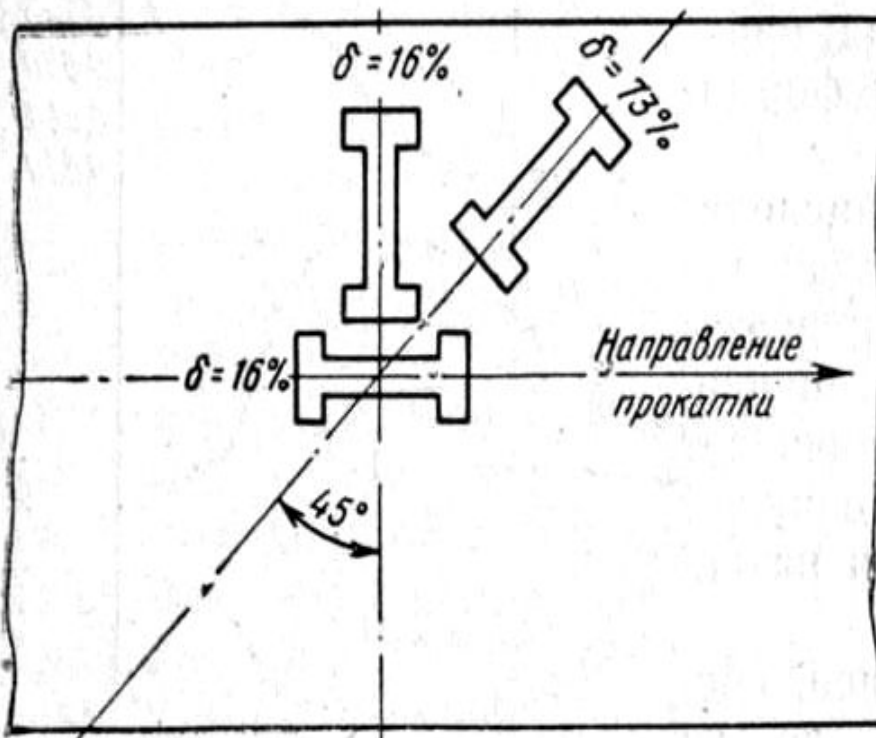
Полосчатость структуры после прокатки



Текстура деформации



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

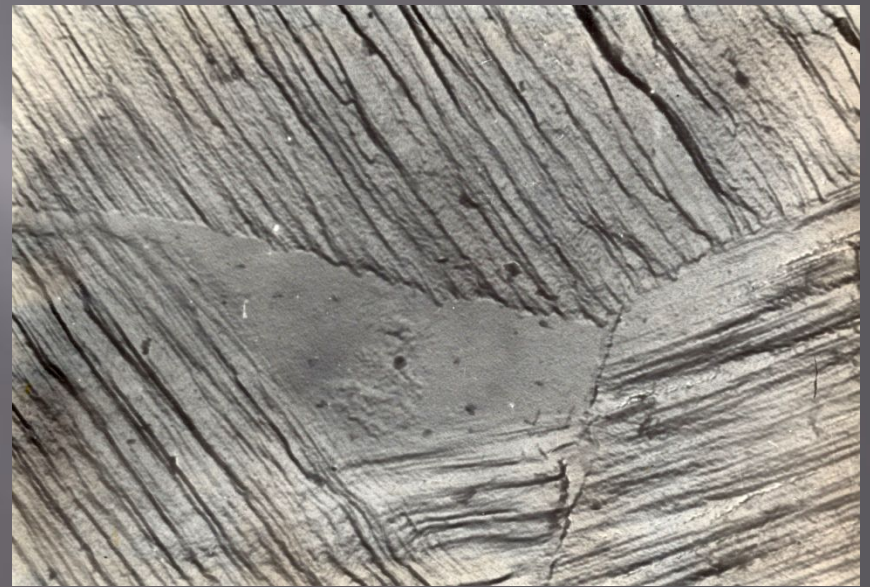
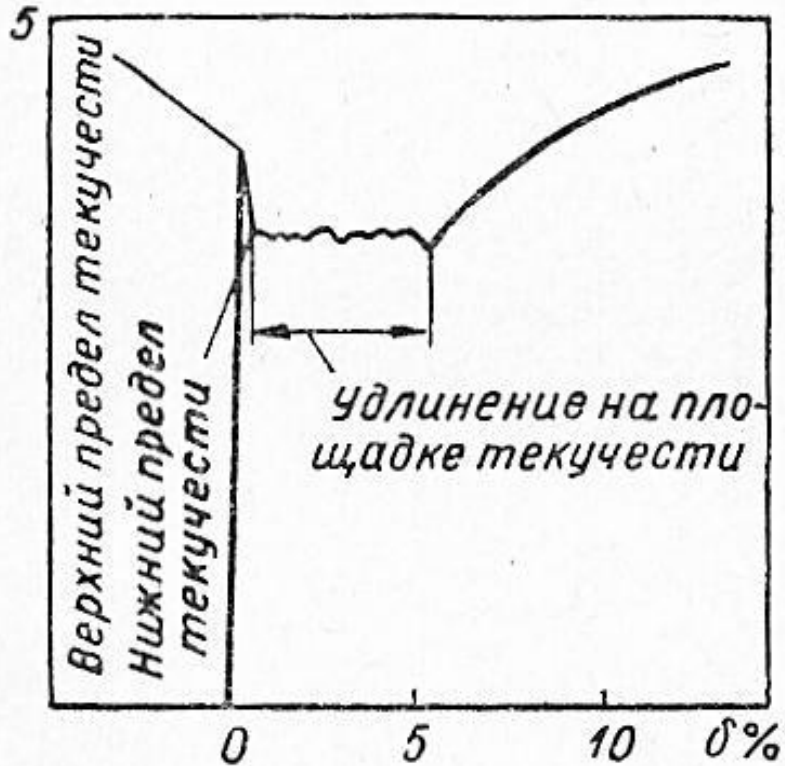
Стальные листы для холодной штамповки в зависимости от максимально возможной степени деформации листа разделяют на следующие группы:

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

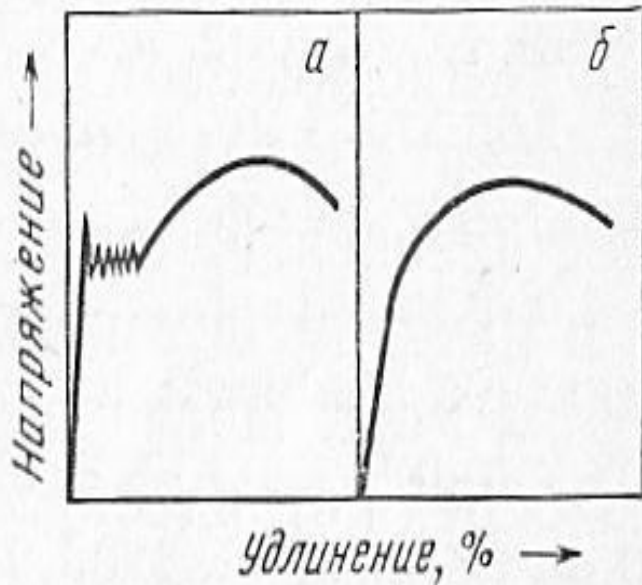
Стали для холодной штамповки (основные марки)

	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

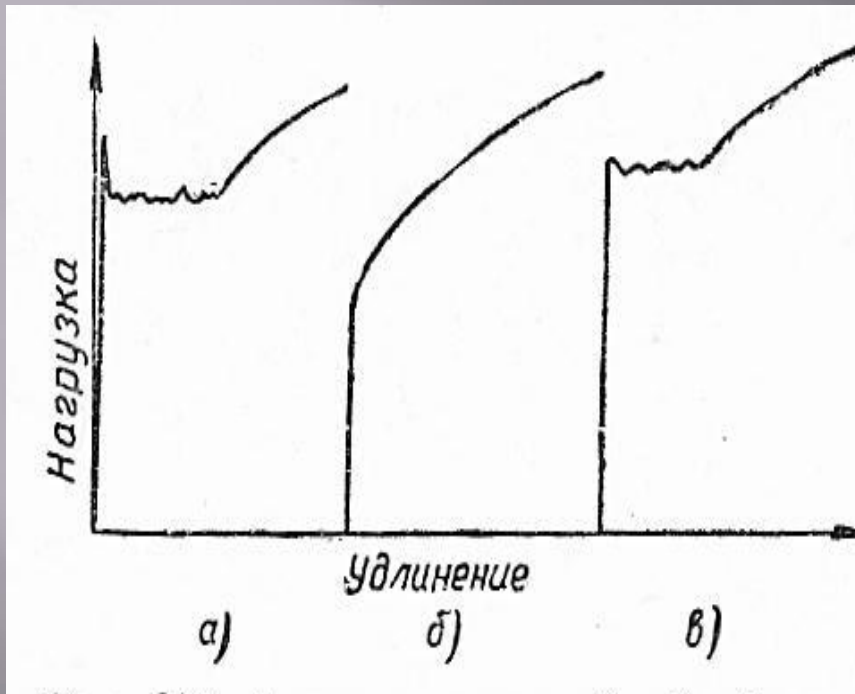


а- стареющая
б-нестареющая

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.

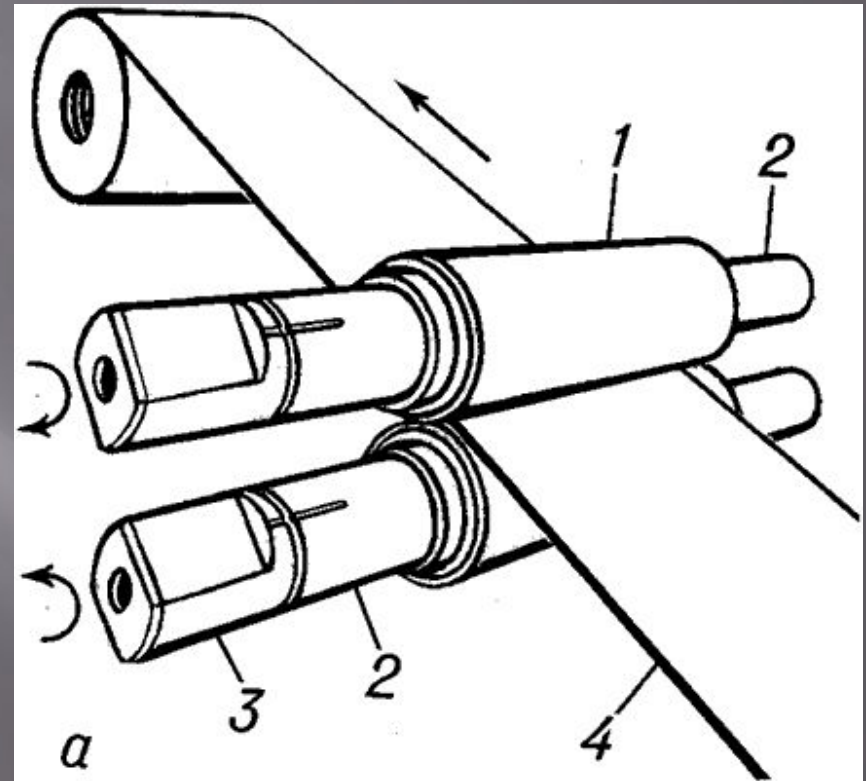
Дрессировка стали



а – после отжига

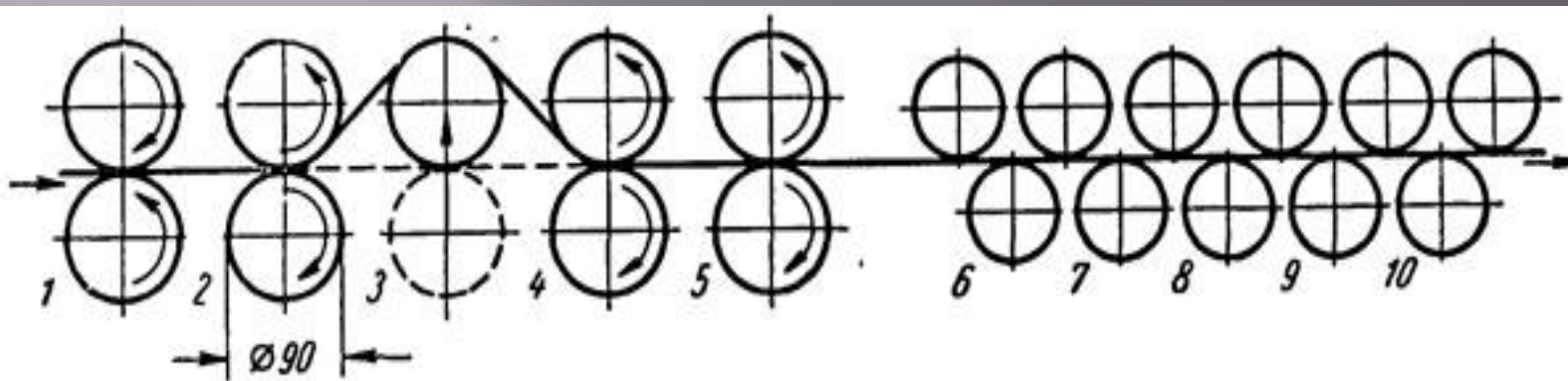
б – после дрессировки

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

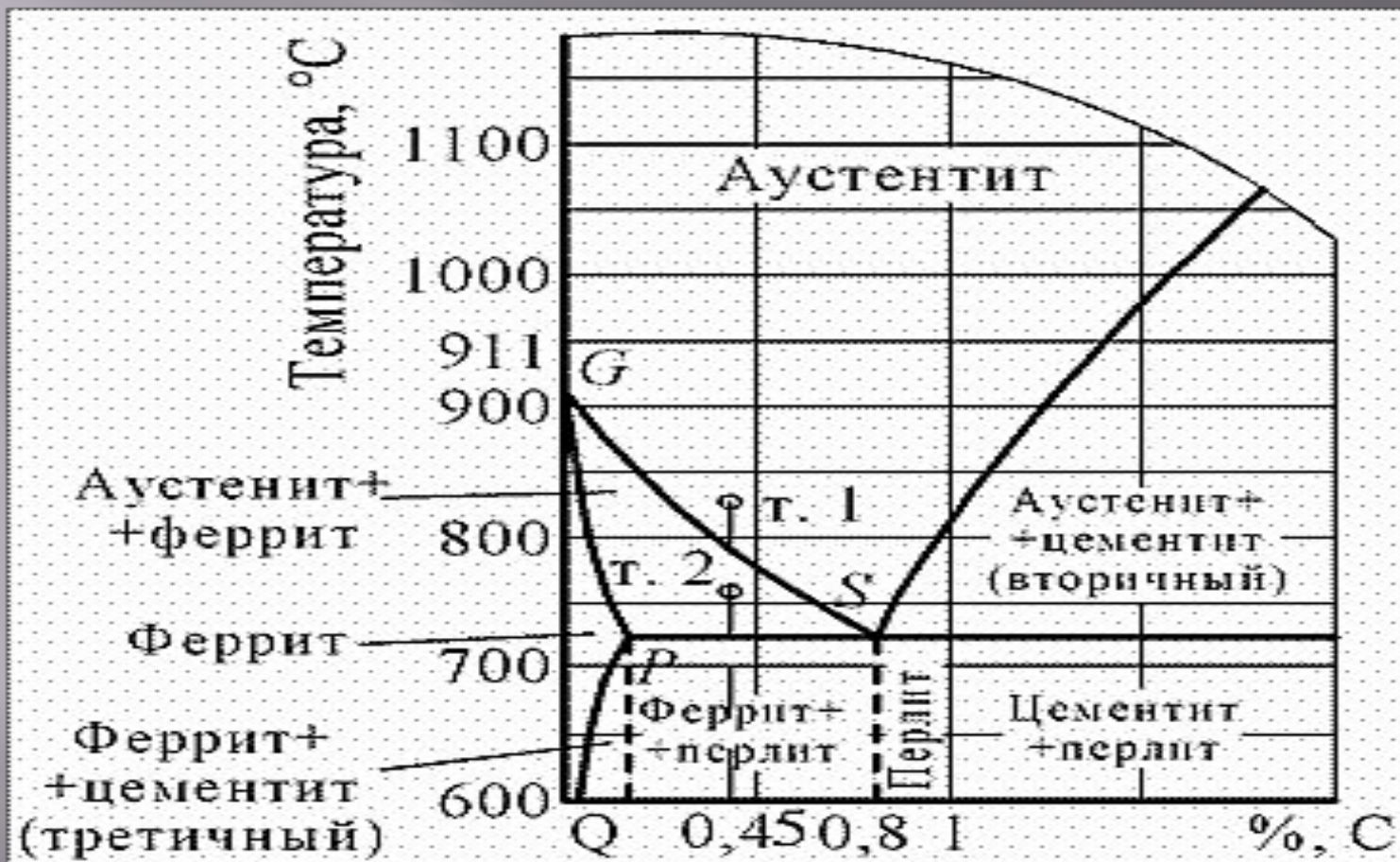


Вальцовка

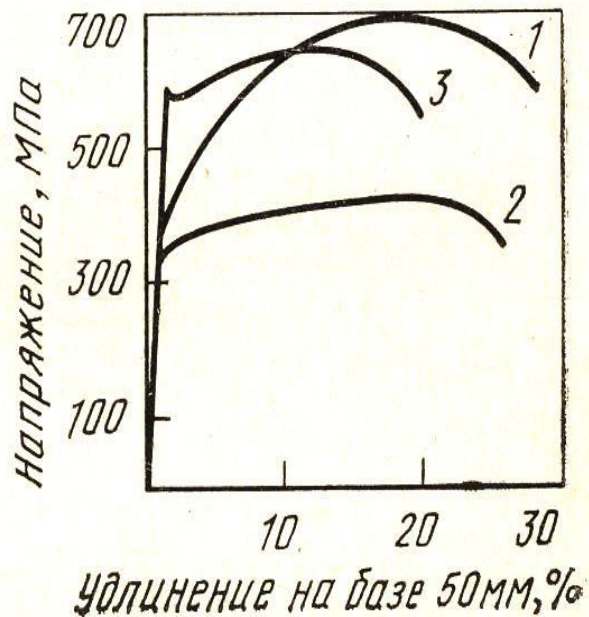
Двухфазные феррито-мартенситные стали (ДФМС)

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 % С) низколегированных сталях (09Г2С, 09Г2, 16ГФР, 10Г2Ф, 12ХМ и др.) после закалки в воде из межкритического интервала температур ($A_{c1} < T_{зак} < A_{c3}$)



1 – сталь ДФМС

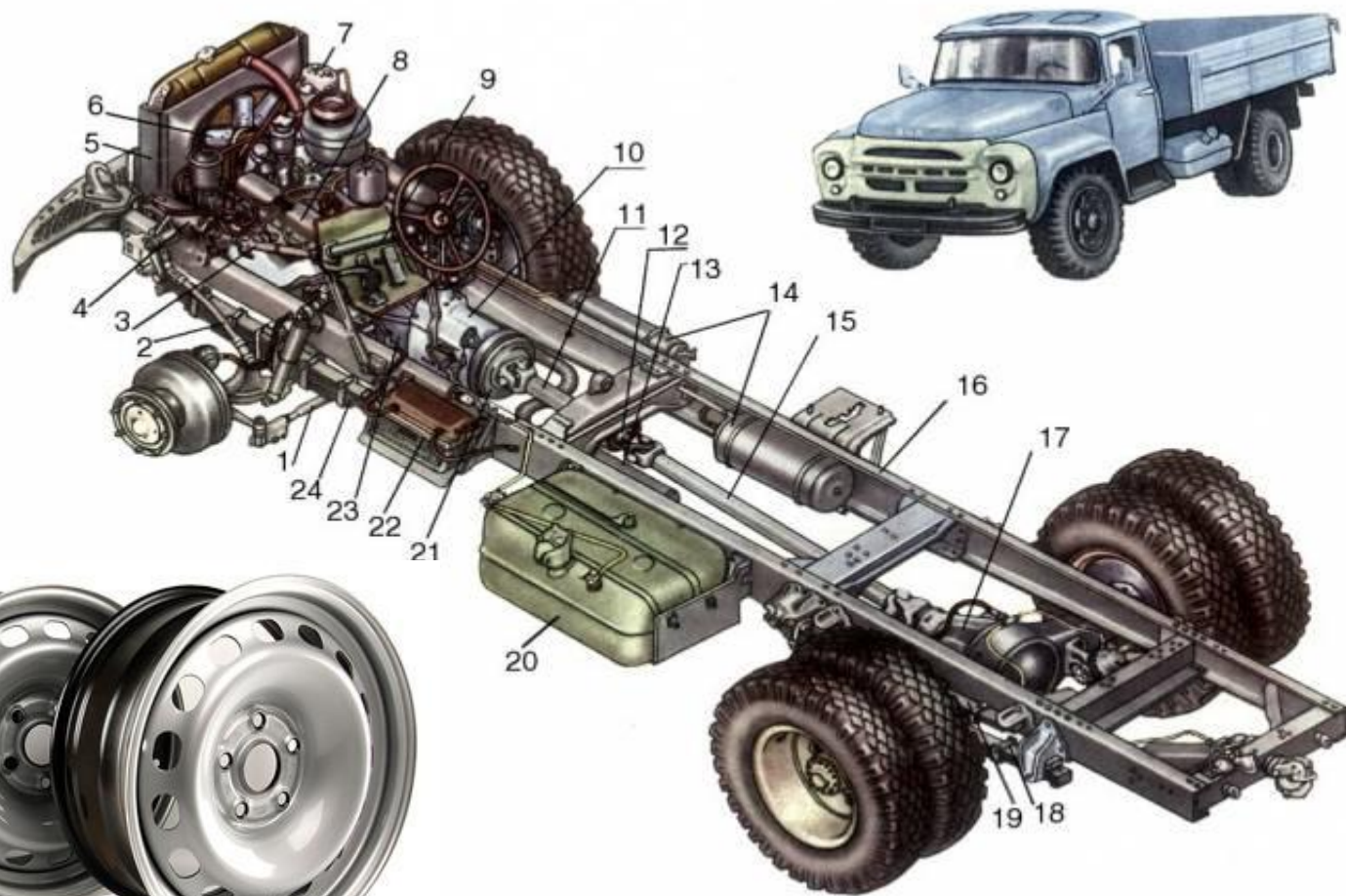
2 – сталь 08кп

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

