

Национальная академия наук Украины
Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова

**Научно-техническая конференция
«Молодая академия 2011»**

**«Основные подходы к расчету параметров прокатки в
ЛПА»**

Докладчик инж. Бадюк С.И.



ОСНОВНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ РАСЧЕТА ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОКАТКИ

Среднее контактное нормальное напряжение

$$p_{\varphi} = n_{\gamma} \cdot n_k \cdot n_{\sigma} \cdot \sigma$$

n_{γ} – коэффициент, учитывающий влияние среднего главного напряжения;
 n_k – коэффициент влияния формы калибра;
 n_{σ} – коэффициент напряженного состояния;
 σ – среднее напряжение текучести в очаге деформации.

Коэффициент напряженного состояния

$$n_{\sigma} = n_b \cdot n'_{\sigma} \cdot n''_{\sigma} \cdot n'''_{\sigma}$$

n_b – коэффициент, учитывающий влияние внешнего трения в связи с уширением;
 $n'_{\sigma}, n''_{\sigma}, n'''_{\sigma}$ – коэффициенты, учитывающие влияние внешнего трения, внешних зон и натяжения (подпора).

Сила прокатки

$$P = p_{\varphi} \cdot b_{cp} \cdot l_d$$

l_d – длины дуги захвата с учетом упругого сплющивания валков;
 b_{cp} – средняя ширина раската в очаге деформации.

Момент прокатки

$$M = 2 \cdot P \cdot l_d \cdot \psi + (T_0 - T_1) \cdot R$$

ψ – коэффициент плеча момента;
 T_0 и T_1 – величины заднего и переднего натяжения соответственно;
 R – радиус рабочего валка.

Коэффициент плеча момента

$$\psi = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{(1 + S) \cdot \ln(h_0 / h_1)}{[(1 + h_0 / h_1) \cdot \alpha \cdot l_d] / h_{cp}}$$

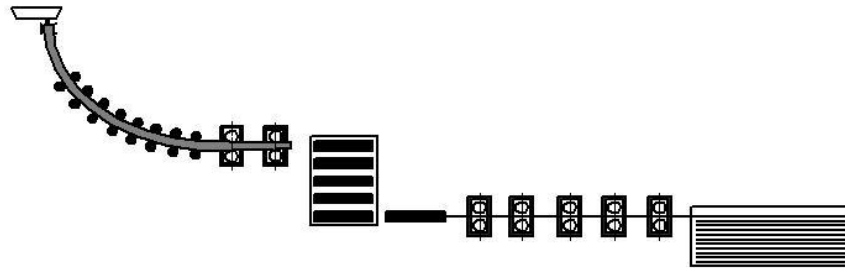
S – опережение металла при прокатке.

Мощность прокатки

$$N = M \cdot \omega$$

ω – угловая скорость валков

ВЗАИМОСВЯЗЬ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ И ПРОКАТКИ В ЛПА



Особенности прокатки непрерывнолитой заготовки в линии разливки:

1. Неравномерное температурное поле
2. Повышенные остаточные напряжения
3. Пониженная пластичность

Разливка

1. Формирование структуры непрерывнолитой заготовки
2. Температурное поле
3. Деформация заготовки в линии МНЛЗ (выпучивание корки, рагиб и др.)
4. Выделение вторичных фаз

Термостатирование

1. Гомогенизация свойств
2. Выравнивание температуры
3. Релаксация остаточных напряжений и увеличение ресурса пластичности
4. Выделение вторичных фаз
5. Рост зерна

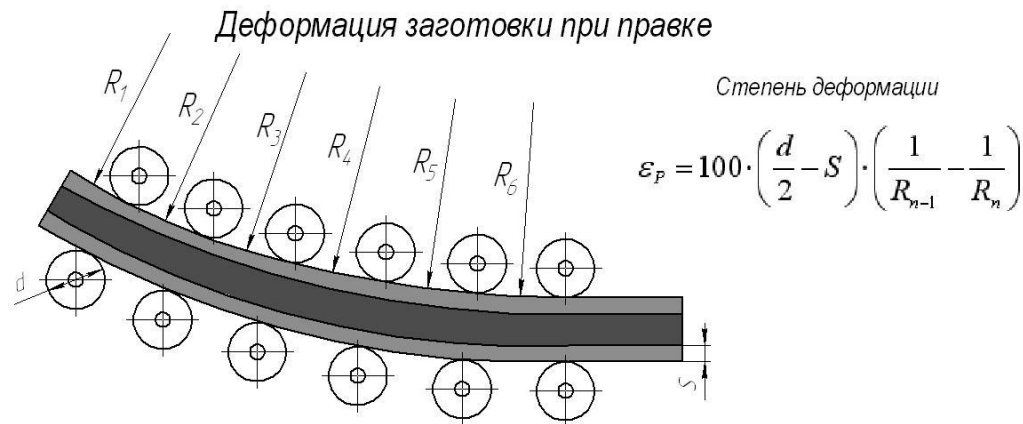
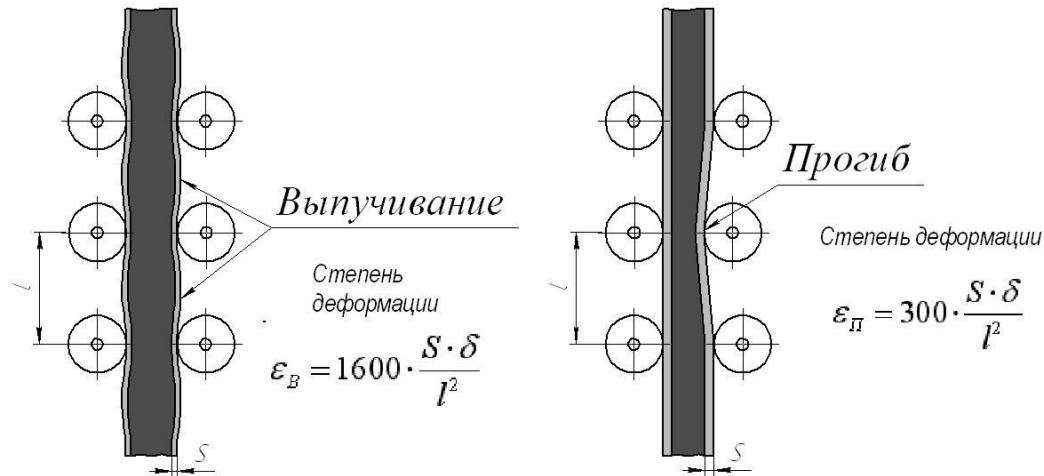
Прокатка

1. Проработка литой структуры заготовок
2. Измельчение зерен
3. Гомогенизация свойств
4. Выделение вторичных фаз

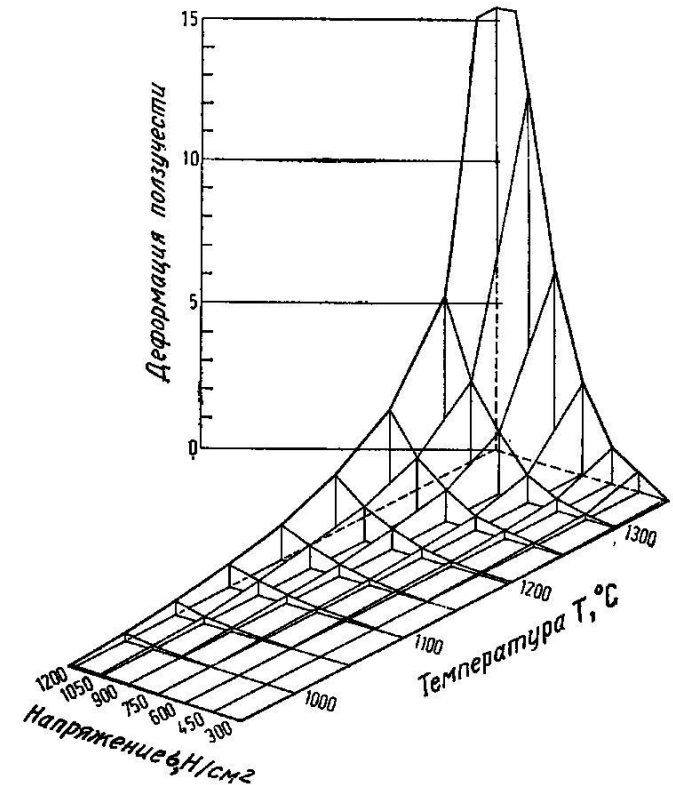


ДЕФОРМАЦИЯ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ В ЛИНИИ МНЛЗ

Деформация заготовки при выпучивании корки и вследствие отклонения положения осей поддерживающих роликов



Высокотемпературная ползучесть металла



ОСНОВНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ РАСЧЕТА ЗАПАСА ПЛАСТИЧНОСТИ

Степень использования запаса пластичности:

$$\psi = \int_0^{\Lambda} \frac{\Lambda}{\Lambda_p}$$

Λ - степень деформации сдвига;

Λ_p - степень деформации сдвига в момент разрушения.

Степень деформации сдвига:

$$\Lambda = H \cdot \tau$$

H - интенсивность скоростей деформации сдвига;

τ - время.

Степень деформации сдвига в момент разрушения:

$$\Lambda_p = f\left(\frac{\sigma}{T}; H; t; B\right)$$

Условие разрушения при горячей пластической деформации:

$$\psi = \int_0^{t_p} E \times \frac{H \cdot d\tau}{\Lambda_p} = 1;$$

E - функция наследственности;

t_p - время деформации до момента разрушения.

$$0 \leq \psi \leq 1$$

Функция наследственности:

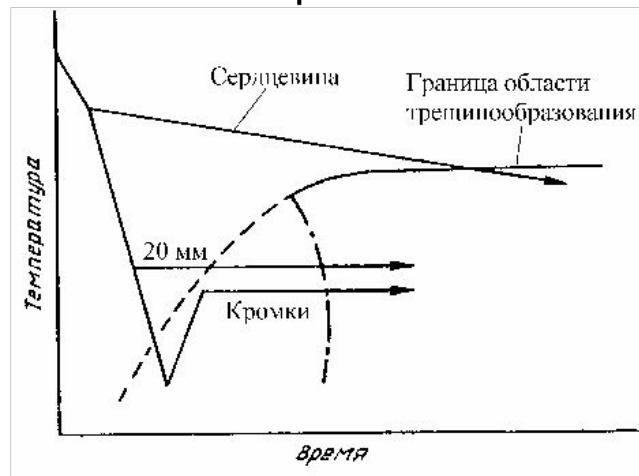
$$E = \exp(-a \cdot t) \leq 1$$

Последовательность расчета степени использования запаса пластичности:

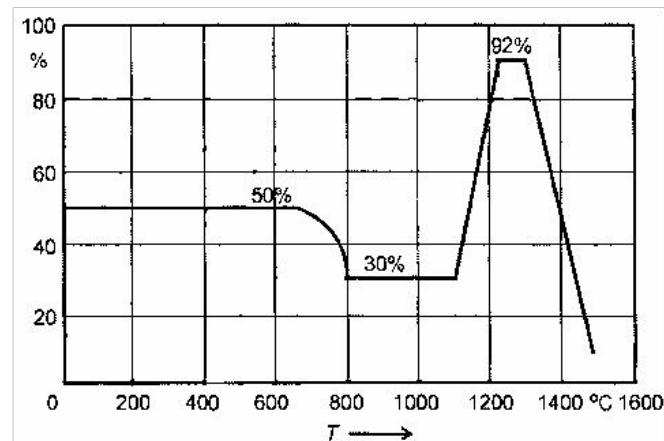
1. Определение напряженно-деформированного состояния металла.
2. Определение значений интенсивности скоростей деформации сдвига H и показателя напряженного состояния.
3. Определение пластичности металла в зависимости от различных термомеханических параметров.
4. Определение степени использования запаса пластичности

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПОВРЕЖДЕННОСТЬ ЗАГОТОВОК

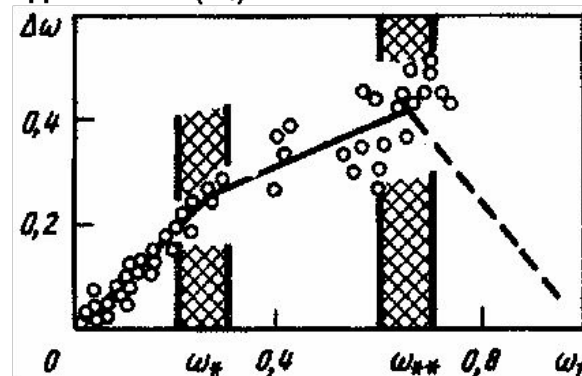
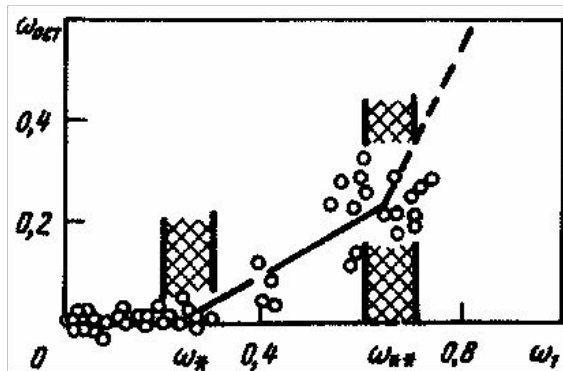
ТЕМПЕРАТУРНО-ВРЕМЕННЫЕ ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ТРЕЩИН В НЛЗ



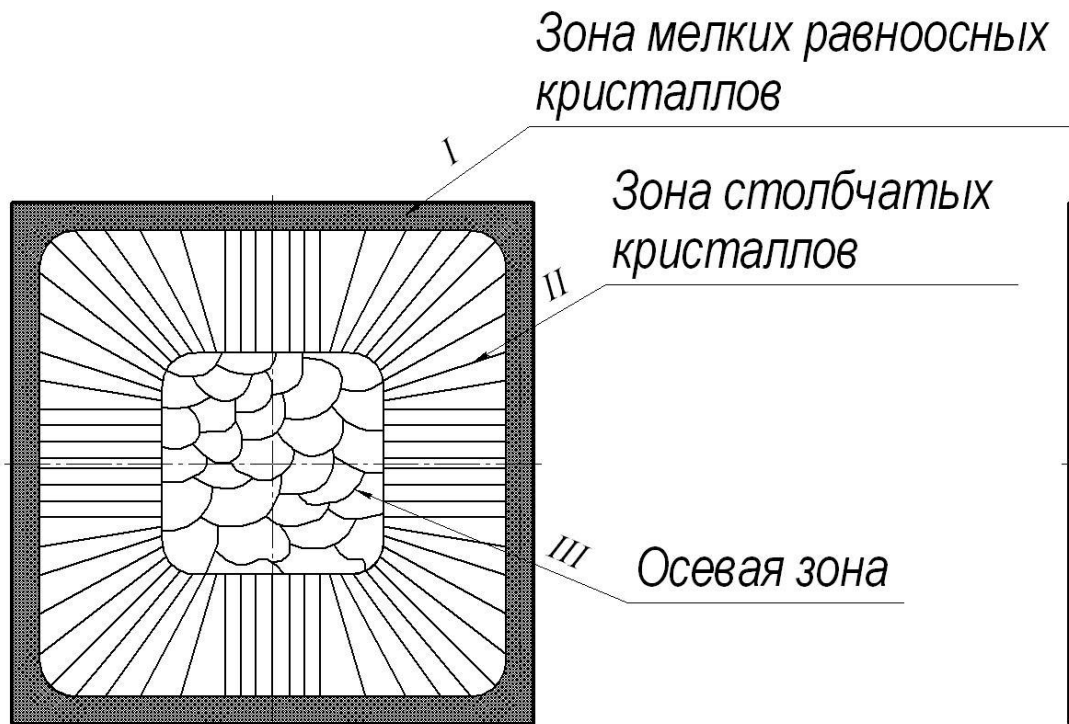
ЗАВИСИМОСТЬ ОТНОСИТЕЛЬНОГО СУЖЕНИЯ СТАЛИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ



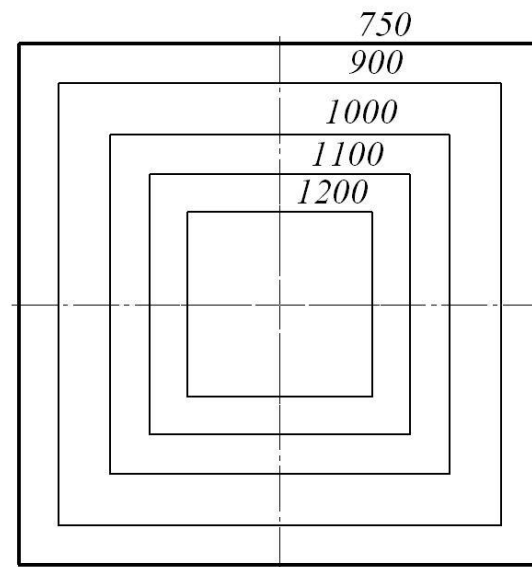
ИЗМЕНЕНИЕ ОСТАТОЧНОЙ ПОВРЕЖДЕННОСТИ ($\omega_{ост}$) И ЗАЛЕЧИВАНИЯ ($\Delta\omega$) НЛЗ ПРИ ТЕРМОСТАТИРОВАНИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИСХОДНОЙ ПОВРЕЖДЕННОСТИ (ω_1)



ХАРАКТЕРНАЯ МАКРАСТРУКТУРА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО СЕЧЕНИЮ ЗАГОТОВКИ НА ВЫХОДЕ ИЗ МНЛЗ



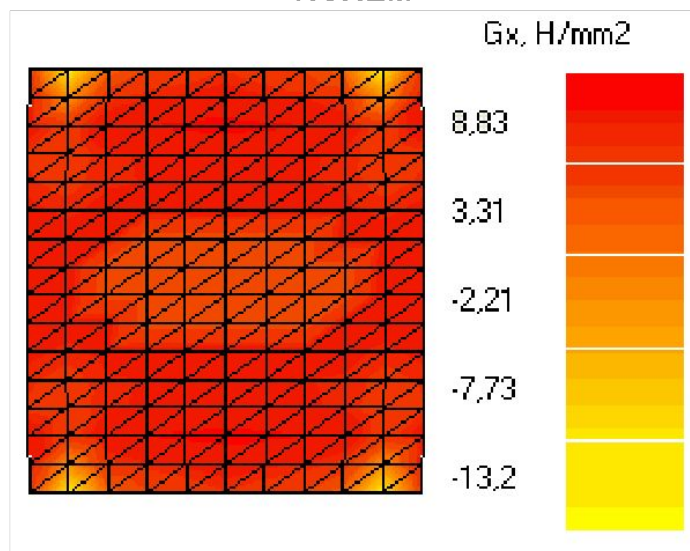
Напряжения текучести: $\sigma_I > \sigma_{II} > \sigma_{III}$
(при $t = \text{const}$)



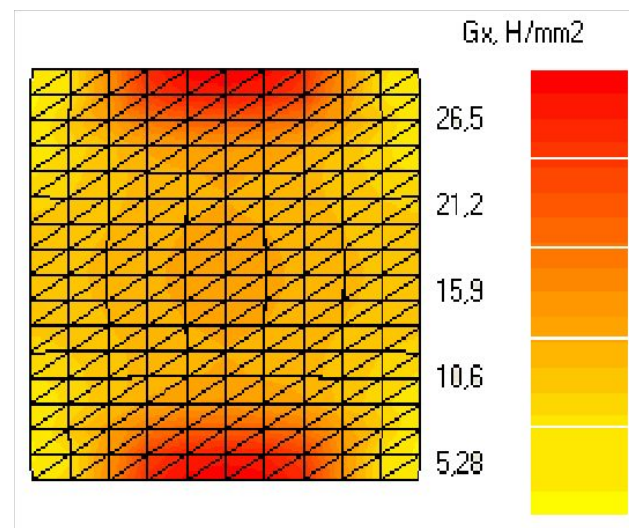
Напряжения текучести: $\sigma_{750} > \sigma_{900} > \dots > \sigma_{1200}$
(без учета структуры заготовки)

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ НА ПРОДОЛЬНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ПРОКАТКЕ НЛЗ

ХАРАКТЕР НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ПРОКАТКЕ
ЗАГОТОВКИ С РАВНОМЕРНЫМ ТЕМПЕРАТУРНЫМ
ПОЛЕМ



ХАРАКТЕР НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ПРОКАТКЕ
ЗАГОТОВКИ С НЕРАВНОМЕРНЫМ ТЕМПЕРАТУРНЫМ
ПОЛЕМ



АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ДЕФОРМАЦИИ В ЛПА

