

5.6 ОРИЕНТАЦИОННАЯ ВЫТЯЖКА ПОЛИМЕРОВ

ОРИЕНТАЦИОННАЯ ВЫТЯЖКА ПОЛИМЕРОВ

Ориентационная вытяжка – процесс деформирования в одном или двух направлениях нагретых пленок, листов, лент, волокон из полимеров с последующим охлаждением.

ОДНООСНАЯ ВЫТЯЖКА

Непрерывный способ: Растяжение плоскощелевой пленки после охлаждения на приемном барабане при помощи тянущих или сдавливающих валков, а также с помощью зажимов (круппов)

Периодический способ: Растяжение предварительно сформованных заготовок при помощи зажимов (круппов).

ДВУХОСНАЯ ВЫТЯЖКА

1. Растяжение одноосно ориентированной пленки в перпендикулярном направлении **(наиболее используемый метод)**
2. Растяжение изотропной, неориентированной пленки одновременно в двух взаимно перпендикулярных направлениях
3. Растяжение и раздув рукавной пленочной заготовки одновременно.

ПРИМЕНЯЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ:

Для получения ориентированных изделий применяют: ПЭВП, ПЭНП, ПЭСП, ПП, ПС, ПК, ПВХ (жесткий и пластифицированный), ПЭТФ, ПММА, ПА-6 и ПА-12, смеси полимеров полимеры + НП

ИЗДЕЛИЯ, ПОЛУЧАЕМЫЕ ОРИЕНТАЦИОННОЙ ВЫТЯЖКОЙ: пленки толщиной от 1 (реже - 0,5) до 200 мкм, а также листы толщиной от 0,5 до 20 мм; ленты, прутки, плоские волокна.

СТАДИИ ПРОЦЕССА:

1. Экструзия заготовки

2. Резкое охлаждение заготовки – получение мелкокристаллической структуры в полимере (лучше деформируется, чем с большими кристаллитами).

3. Обрезка утолщенных кромок и контроль толщины заготовки.

3. Перемещение заготовки со скоростью V_1 равной скорости экструзии.

4. Ступенчатый нагрев заготовки до $T \approx T_{пл} - (5 \div 10)$ или $T_{ст} + (15 \div 20)$.

5. Вытяжка нагретой заготовки со скоростью $V_2 > V_1$.

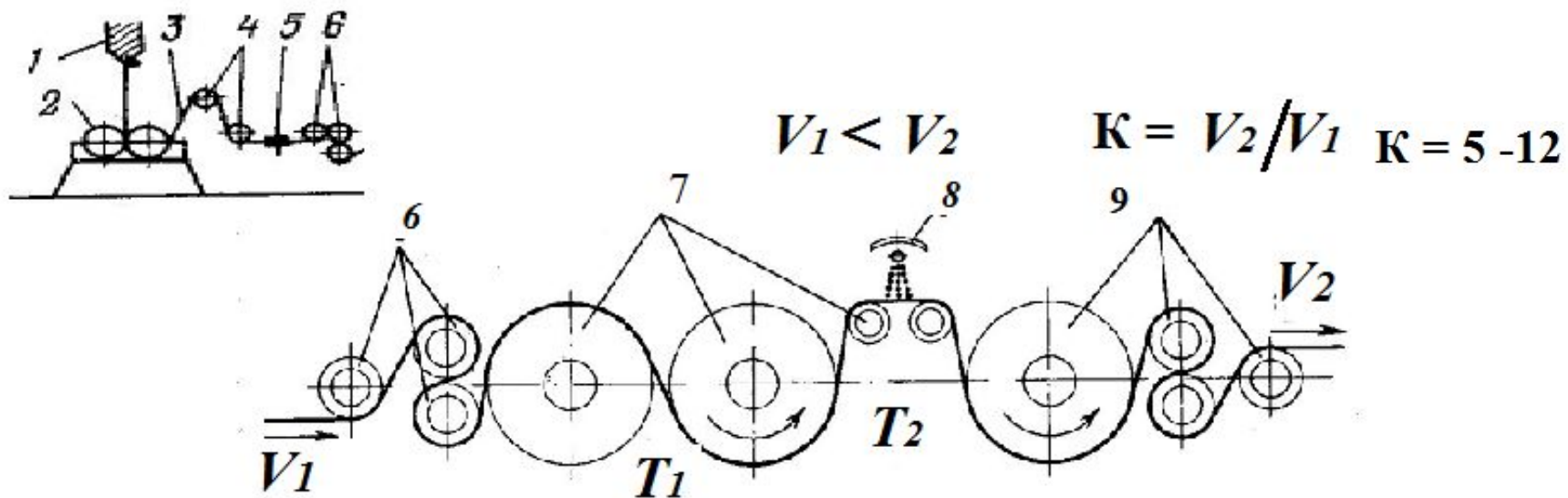
7. Термофиксация вытянутой заготовки в зажимах (крупках) для кристаллизации полимера в вытянутом состоянии. $T_{т.ф.} > T_n (\approx T_{пл} + 5)$.

Изделия из аморфн. полимеров только охлаждаются с целью "замораживания" ориентированного состояния цепей.

8. Обрезка кромок.

9. Наметка на баббин...

Технологическая схема получения одноосно-ориентированных пленок



1 - экструдер с плоскощелевой головкой; 2 - приемный барабан ($D = 350 - 800$ мм) или валковая пара; 3 - плоская заготовка; 4 - компенсатор натяга; 5 - бесконтактный толщиномер; 6 - медленно вращающиеся валки; 7 - нагревательные валки; 8 - ИК-излучатель; 9 - быстро вращающиеся валки.

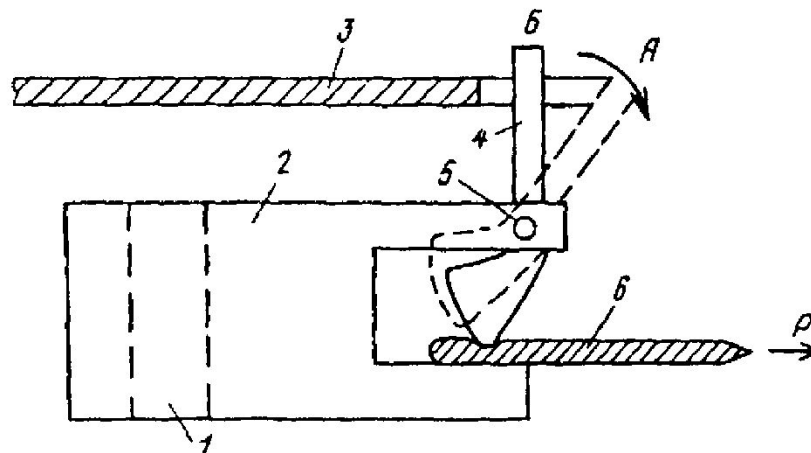
D валков (7 и 9) от 200 до 500 мм

Температура вытяжки (T_v): ПЭВД 90 – 105 °С;

ПП от 140 до 160 °С

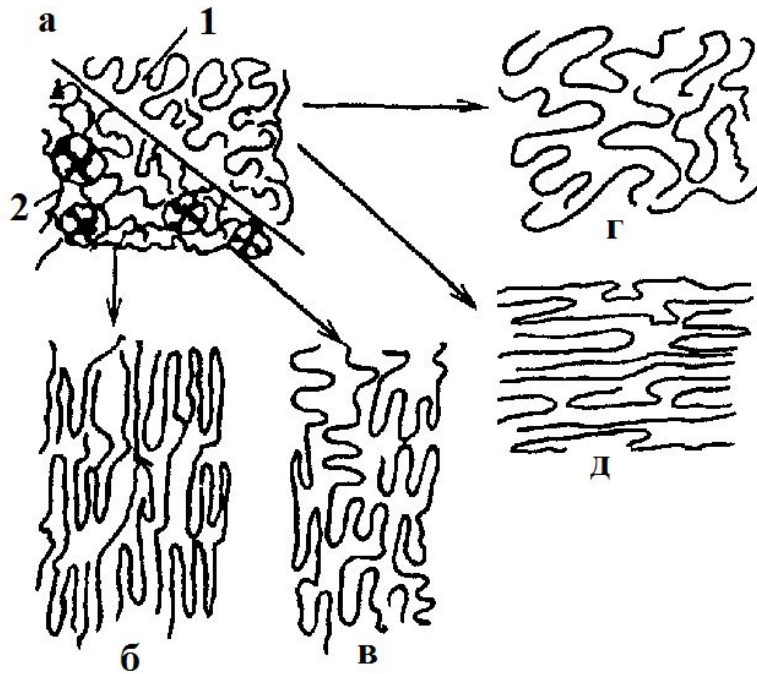
УСТРОЙСТВО КЛУППА (зажима)

Работа клуппа основана на принципе самозажимания пленки.



При заправке края пленки в зоне термофиксации в клупп под действием толкателя-упора язычок 4 клуппа 2 отклонен в позицию А (по стрелке). Пленка 6 своим краем попадает на его основание. При движении клуппа по направляющим цепям его язычок выходит из поля действия упор-толкателя и с помощью пружины на валу 5 возвращается в положение Б. В этом состоянии язычок лишь с небольшой силой прижимает пленку к основанию. При деформировании пленка стремится выдернуться из клуппа с определенной силой P , но рабочая часть язычка немного отклоняется в сторону вытягиваемой пленки и с еще большей силой прижимает ее к основанию. После окончания растяжения пленки уже другой упор-толкатель отклоняет язычок из позиции Б в позицию А, и края пленки высвобождаются. Цикл повторяется.

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА

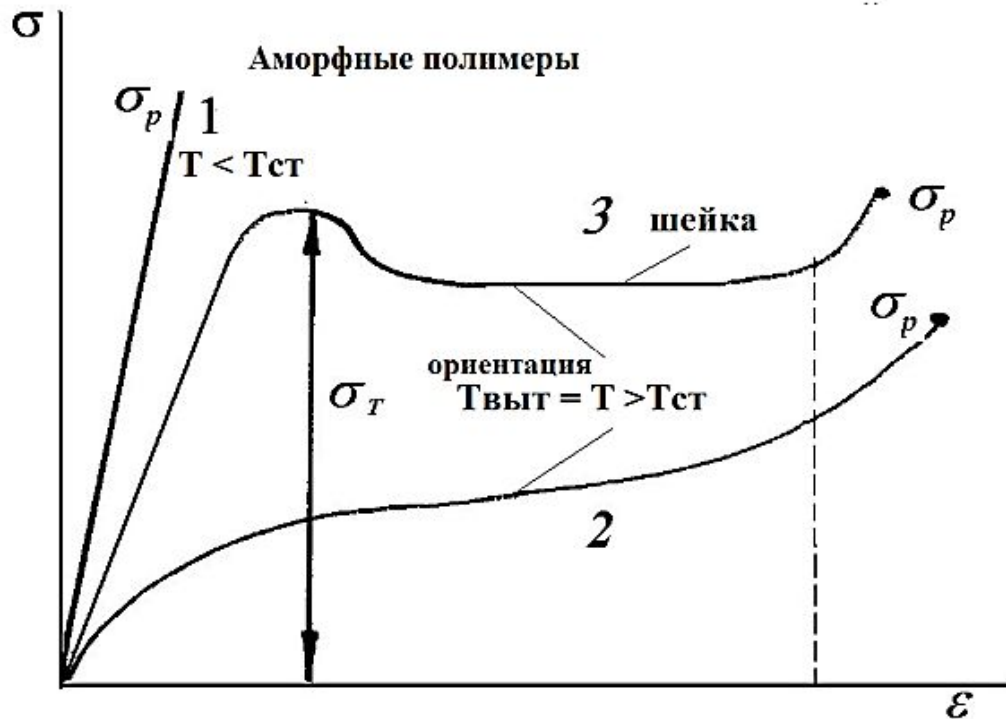


а - изотропное состояние аморфного (1) и кристаллического (2) полимера

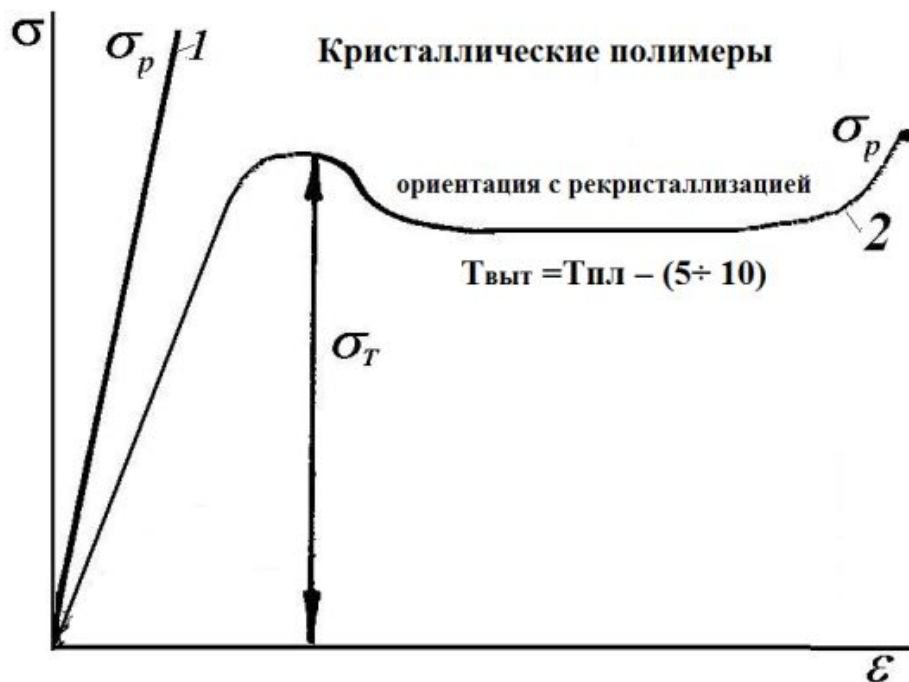
б, д -одноосно-ориентированное состояние;

в, г -неориентированное состояние

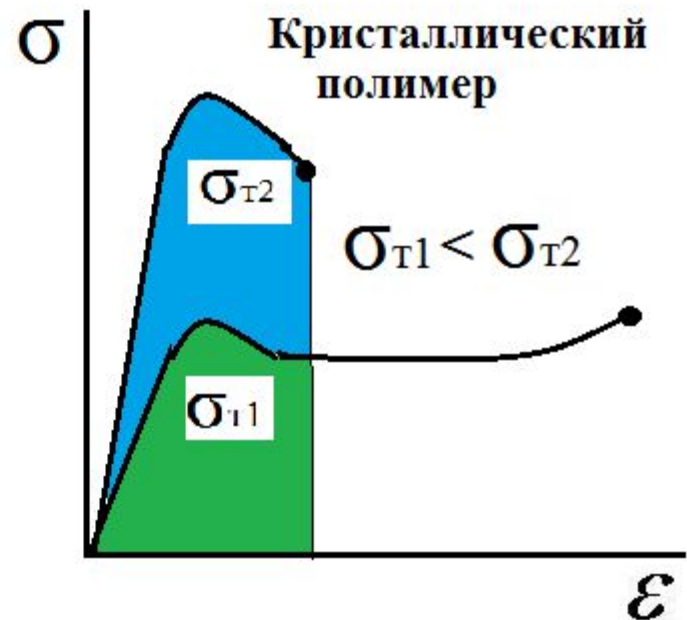
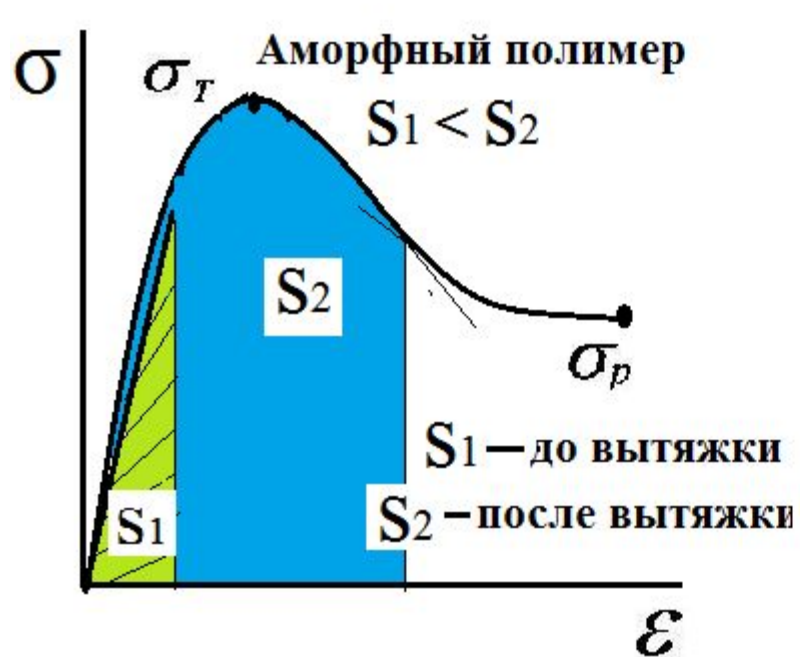
При вытяжке аморфных полимеров макромолекулы распрямляются и образуется структура типа (д), кристаллические полимеры (через стадию рекристаллизации) образуют структуру типа (б).



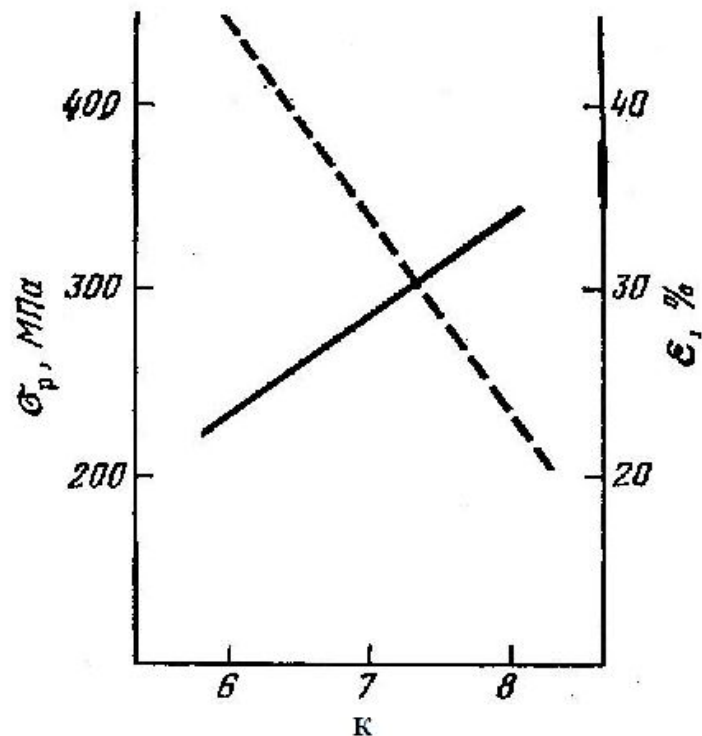
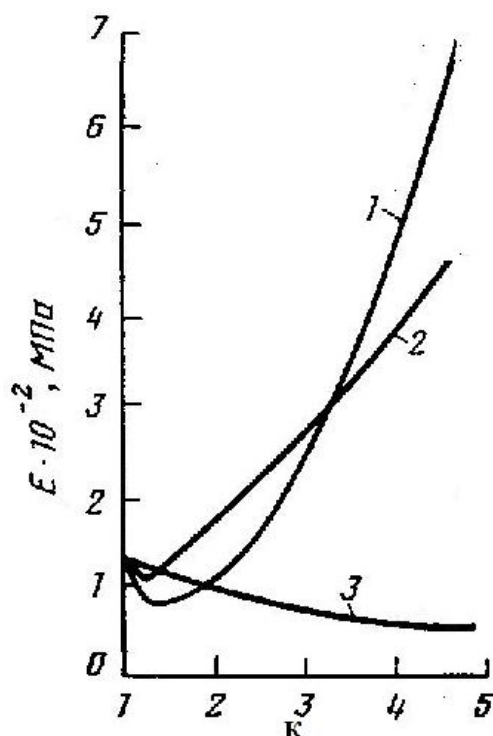
Ориентация кристаллических полимеров проходит через образование шейки, а аморфных в зависимости от условий – либо через образование шейки (вынужденная эластичность), либо без нее (высокая эластичность)



ЦЕЛЬ ОРИЕНТАЦИОННОЙ ВЫТЯЖКИ: $\uparrow \sigma_T$ (для кристаллических, например ПЭ, ПП) и устранить хрупкость аморфных (ПС, ПЭТФ, ПВХ жестк).



Зависимость σ_p (—) и ϵ_p (----) от кратности
вытяжки для ПЭНП



Зависимости модулей упругости ориентированных пленок из ПЭНП от кратности вытяжки для образцов, вырезанных под углами α к направлению ориентации:
1- E_0 ($\alpha = 0^\circ$); 2 - E_{45} ($\alpha = 45^\circ$); 3 - E_{90} ($\alpha = 90^\circ$)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОРИЕНТАЦИИ

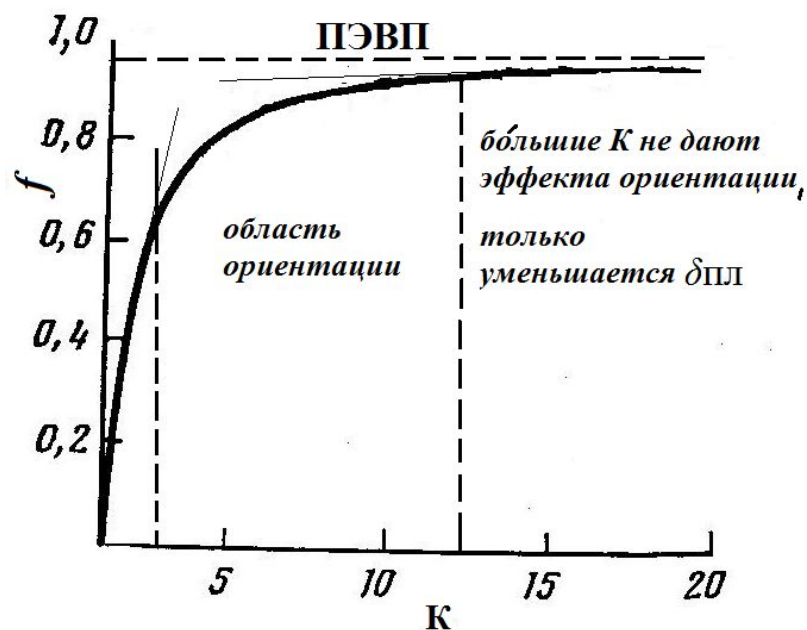
1 Кратность вытяжки в продольном направлении:

$$K_1 = \frac{V_2}{V_1} = \frac{l_k}{l_0} = \frac{\varepsilon}{100} + 1,$$

где l_k и l_0 размеры рабочего участка образца после и до вытяжки;
 ε - относительная деформация при растяжении, %;
 V_2 и V_1 - линейные скорости выхода и входа пленки в агрегат для продольной ориентации соответственно.

Кратность вытяжки \neq степени ориентации

Степень ориентации (фактор ориентации) f - это доля макромолекул ориентированных в направлении вытяжки



2. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ СКОРОСТЬ ДЕФОРМИРОВАНИЯ \mathcal{V} связана с размерами рабочего участка вытягиваемого образца, степенью вытяжки и временем деформирования

$$\mathcal{V}_1 = \frac{\varepsilon}{t} = \left(\frac{l_k}{l_0} - 1 \right) \cdot \frac{100}{t} = (\lambda_1 - 1) \cdot \frac{100}{t}$$

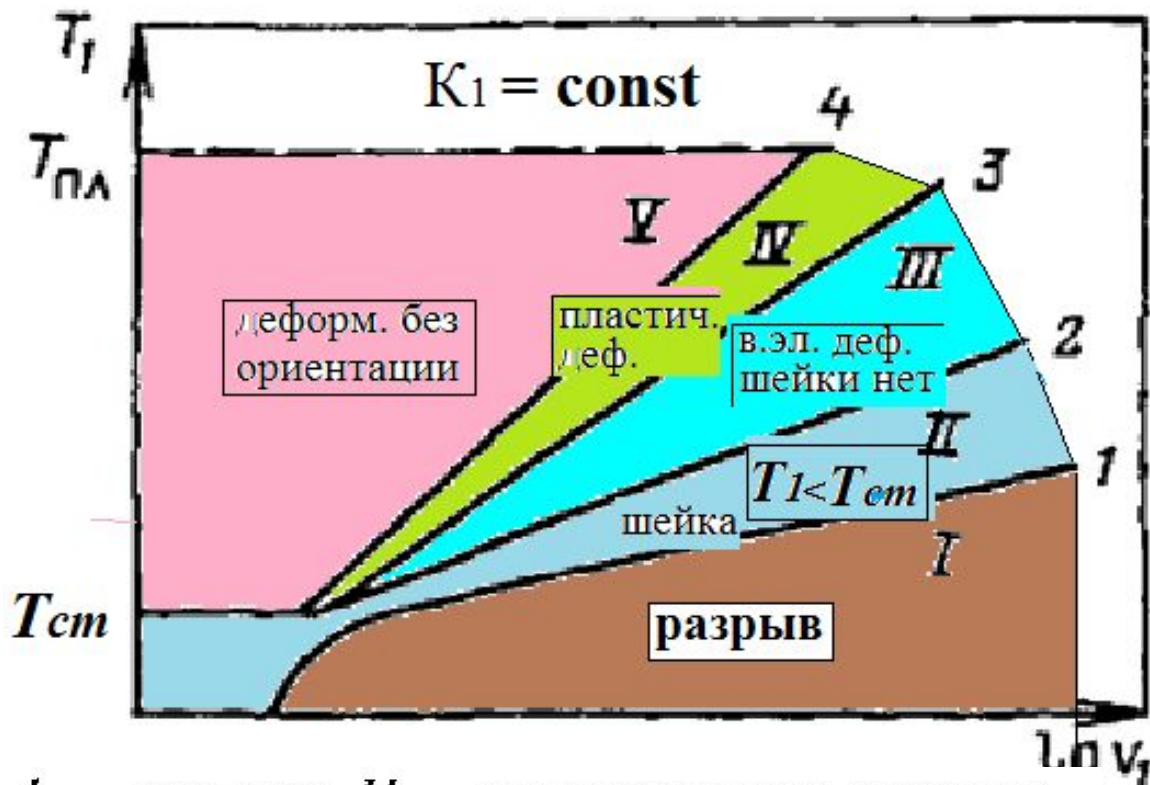
При постоянной \mathcal{V} значения V_1 и V_2 могут быть различны в зависимости, например, от расстояния между «медленными» и «быстрыми» валками.

Относительная скорость деформирования \mathcal{V}_1 находится в довольно широких диапазонах, соответствующих высокоэластической деформации, от 10 000 до 100 000 % /мин.

3. Температура вытяжки T_1

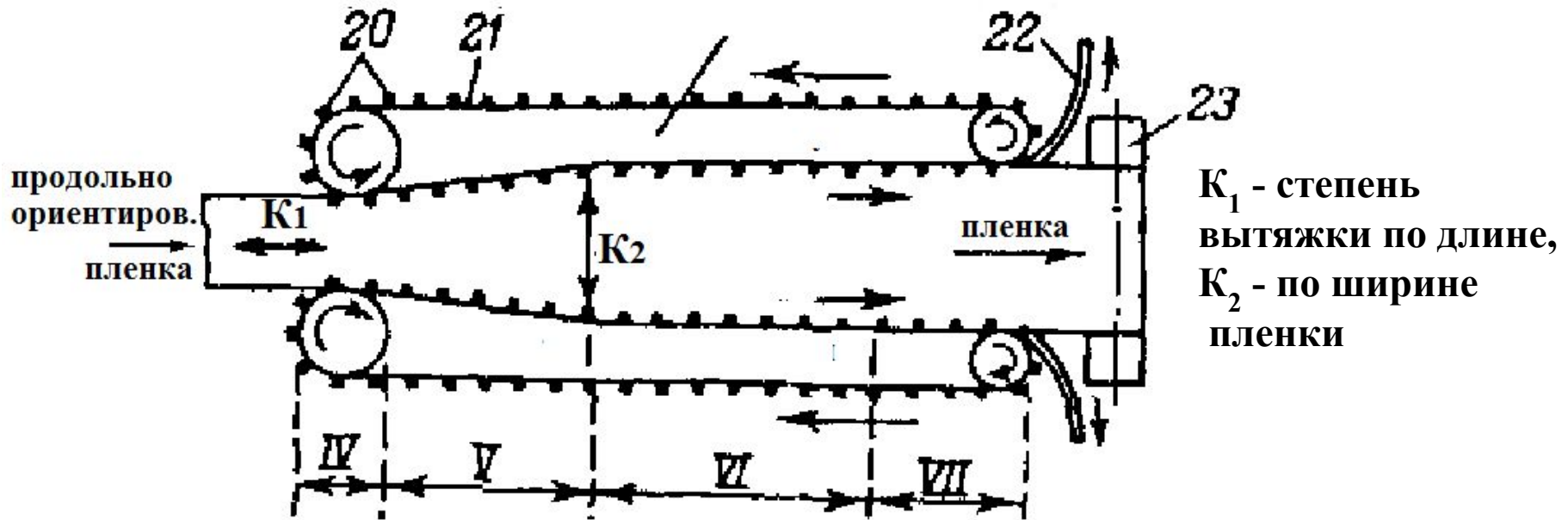
T_1 аморфных полимеров выбирается из неравенства $T_1 \geq T_c + (5+10)$

Соотношение $T_{\text{вытяжки}}$ и относительной скорости деформирования $\lg \dot{\nu}$ для разных режимов вытяжки изотропных полимеров:



I — разрыв; *II* — вынужденная эластичность (через шейку); *III* — высокоэластичность; *IV* — переходная область; *V* — пластичность, вязкое течение без ориентации;
 $T_{\text{пл}}$ и $T_{\text{ст}}$ — температуры плавления и стеклования

СХЕМА ПОПЕРЕЧНОЙ ОРИЕНТАЦИИ:



20 – -крупы

21 – движущаяся непрерывная цепь

22 – обрезанная кромка пленки

23 – намоточное устройство

Зоны: IV – подогрева,

V – двухосной ориентации,

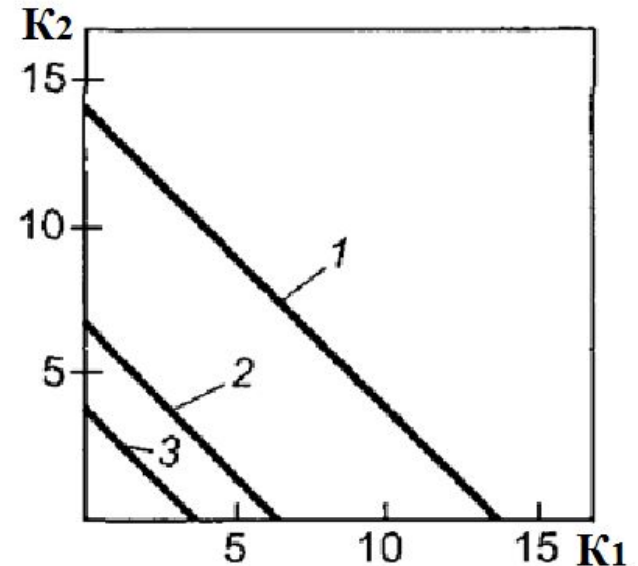
VI – термофиксации,

VII - охлаждения

Зависимость, связывающая T_2 с T_1 : $T_2 = T_1 + (20 \div 30 \text{ } ^\circ\text{C})$.

Для кристаллизующихся полимеров T_2 пред $<$ $T_{\text{мах. скор. крист.}}$

Связь продольной (K_1) и поперечной (K_2) степеней вытяжки



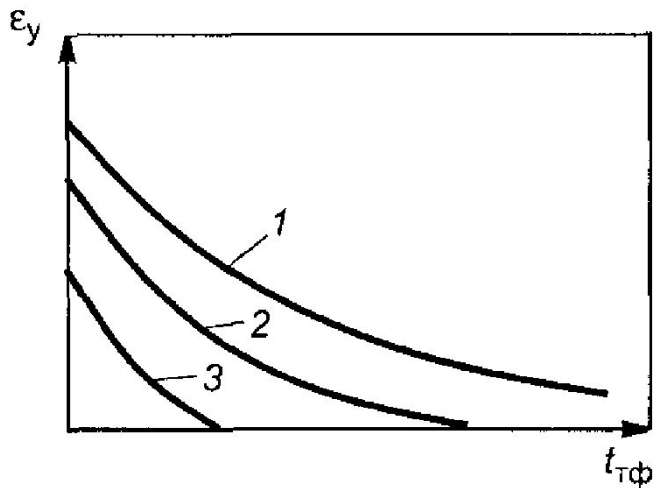
ТЕРМОФИКСАЦИЯ

Параметры термофиксации - температура $T_{т.ф.}$ и время $t_{т.ф.}$.

$t_{т.ф.} = C \exp(-T_{т.ф.} m)$, где C , m - постоянные, зависящие от типа полимера

Если при некоторой $T_{т.ф.}$ значение $t_{т.ф.} > t_{т.ф. \text{ опт.}}$, то кристаллизация + разориентация цепей. То же, если $T_{т.ф.} > T_{т.ф. \text{ опт.}}$.

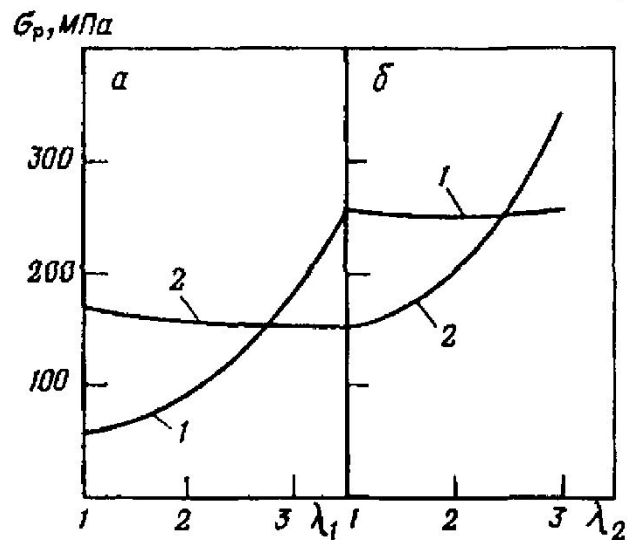
Когда $T_{т.ф.}$, либо $t_{т.ф.}$ недостаточно высоки, кристаллизация не успевает пройти в полной мере, и пленка при эксплуатации начнет сильно усаживаться.



Зависимость термической усадки ϵ_y от времени термофиксации $t_{Тф}$ пленок из кристаллизующихся полимеров.

Температура термофиксации:

$$T_{Тф\ 1} < T_{Тф\ 2} < T_{Тф\ 3}$$



Зависимость σ_p от степени вытяжки

а – продольной (K_1), б - поперечной (K_2) при последовательной двухосной ориентации ПЭТФ-пленок;

1 - σ_p в продольном, 2-в поперечном направлении вытяжки

Материал и способ получения	Модуль упругости, ГПа	Разрывная прочность, МПа
Монокристалл ПЭ	240 - 280	13 000
Ориентированные волокна из раствора	60	4000
Сверхориентированное волокно ПЭ	70	400
Предельно ориентированные волокна		
ПП	42	900
ПС изотакт.	12	80
Полиимид	150	1200
Ориентированные ленты из ПО	9	400
Полиэтиленовая пленка	0,6	10 - 12
Прочность С-С связи в основной цепи полимера	-	19000