

МГТУ им. Н.Э.Баумана

**ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СНЯТИЯ  
НАПРЯЖЕНИЙ ПОСЛЕ СВАРКИ,  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНАСТКИ,  
МЕТОДЫ И КРИТЕРИИ КОНТРОЛЯ  
ЗА КАЧЕСТВОМ**

# Классификация методов снятия напряжений после сварки

- 1. Термические способы (отпуск для снятия напряжений, отжиг).
- 2. Механические способы (воздействие на сварную конструкцию давлением без дополнительного нагрева).
- 3. Ультразвуковое воздействие

# Причины назначения отпуска

- 1. Если остаточные напряжения могут вызвать в конструкции холодные трещины, а другие методы неэффективны.
- 2. Если к конструкции предъявлены такие требования по точности, которые вследствие наличия.
- 3. Если дальнейшее изготовление конструкции из недостаточно пластичных материалов невозможно по причине возникающих разрушений по причине суммирования остаточных напряжений на последующих технологических операциях.
- 4. Если в процессе эксплуатации суммирование рабочих и остаточных напряжений приводит к разрушению конструкции или создаёт высокую вероятность возникновения разрушения.
- 5. Если требуется повышение жесткости и устойчивости отдельных элементов конструкции или всей конструкции.
- 6. С целью повышения коррозионной стойкости, если наличие остаточных напряжений интенсифицирует процессы коррозии или коррозионного растрескивания.

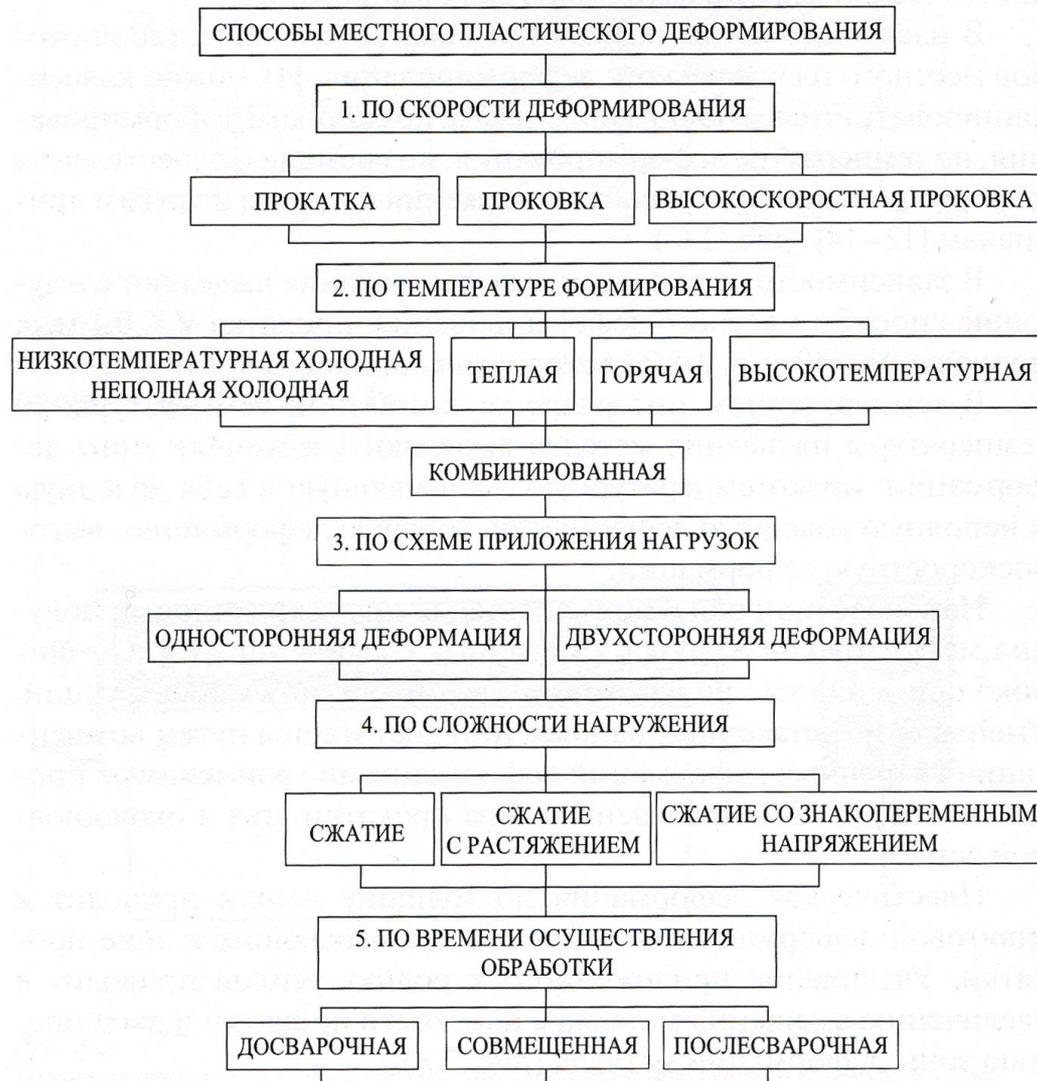
# Виды отпуска

- 1. Низкий отпуск (120 - 250°C).  
Используется, когда требуется уменьшение остаточных закалочных напряжений без снижения твёрдости и износостойкости
- 2. Средний отпуск (350 - 450°C).  
Используется, когда необходимо сочетание высокой прочности, упругости и одновременно вязкости
- 3. Высокий отпуск (450 - 650°C).  
Используется, когда требуется не только прочность, но и хорошая сопротивляемость ударным нагрузкам.

# Отжиг для снятия напряжений

- Отжиг , уменьшающий напряжения – это термическая обработка, при которой главным процессом является полная или частичная релаксация остаточных напряжений. Для снятия напряжений чаще всего используется отжиг при температуре 550...650 °С. Время выдержки составляет несколько часов. Скорость нагрева и особенно охлаждения должна быть небольшой, чтобы исключить возможность образования новых остаточных напряжений.
- ПУТИ УМЕНЬШЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ОТЖИГЕ
- 1. Вследствие пластической деформации в условиях, когда эти напряжения превышают предел текучести
- 2. В результате ползучести при напряжениях меньше предела текучести

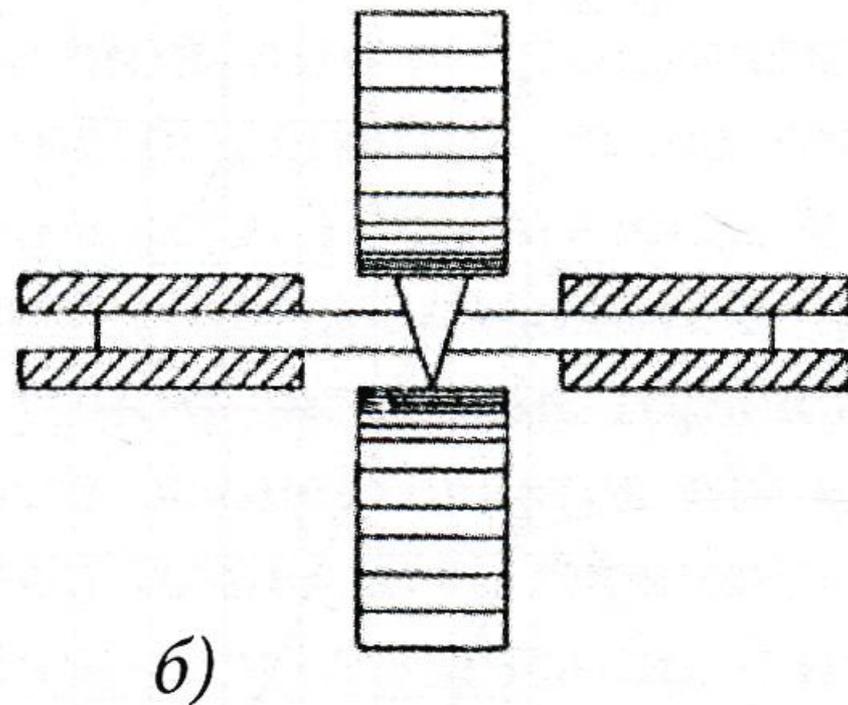
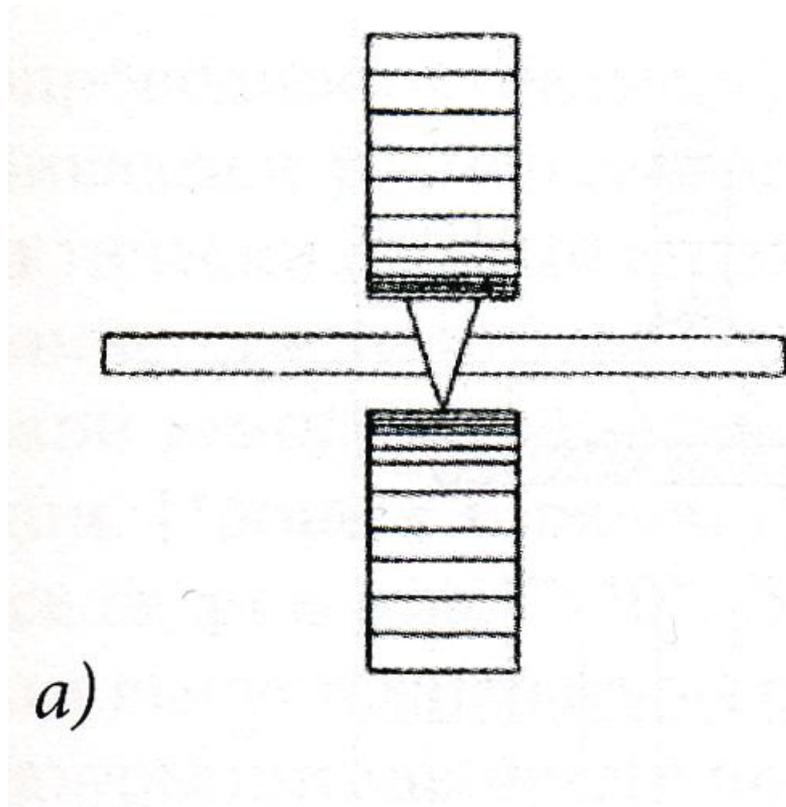
# Снижение напряжений местным пластическим деформированием



Классификация способов местного пластического деформирования

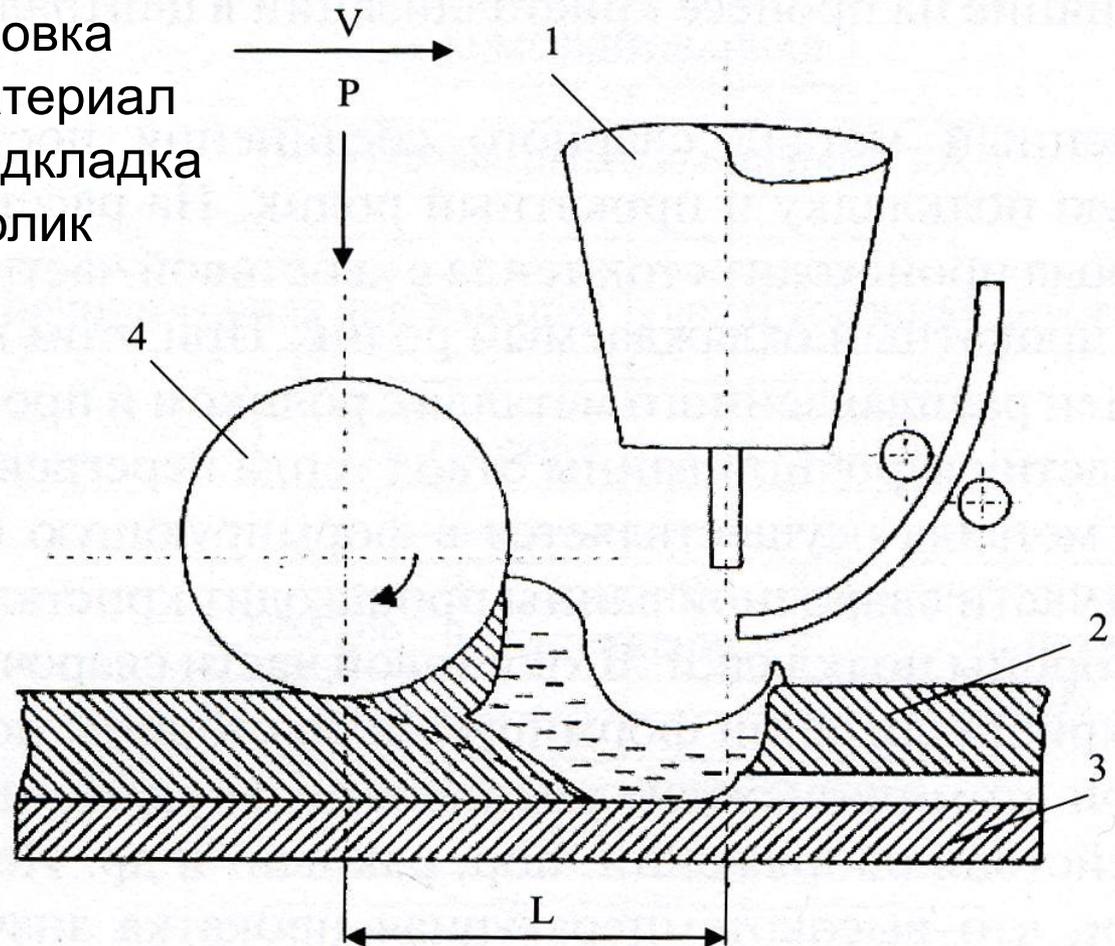
# Схема прокатки сварного соединения

а) прокатка шва; б) прокатка шва и околошовной зоны



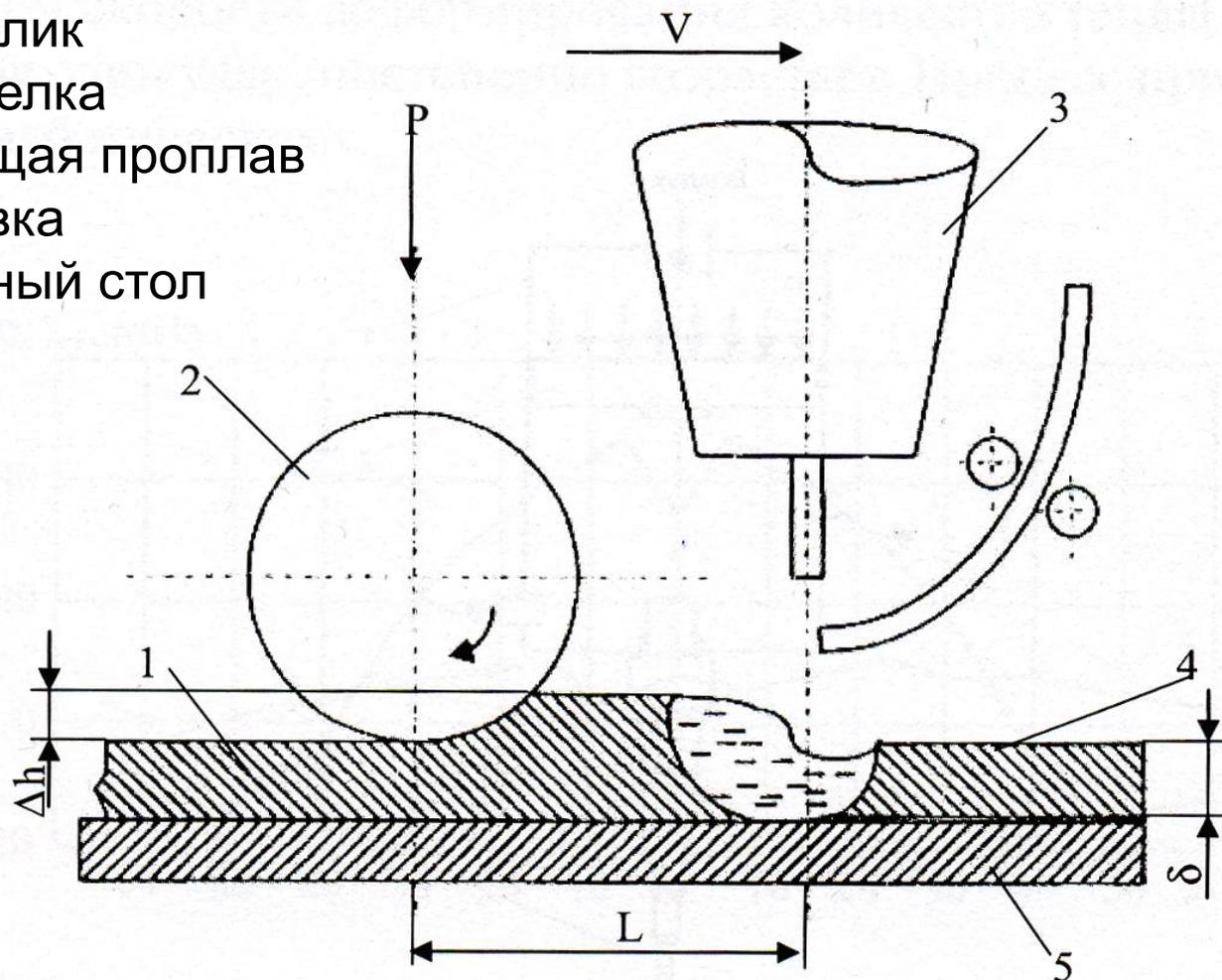
# Схема высокотемпературной прокатки

- 1 – сварочная головка
- 2 – свариваемый материал
- 3 – формирующая подкладка
- 4 – прокатный ролик



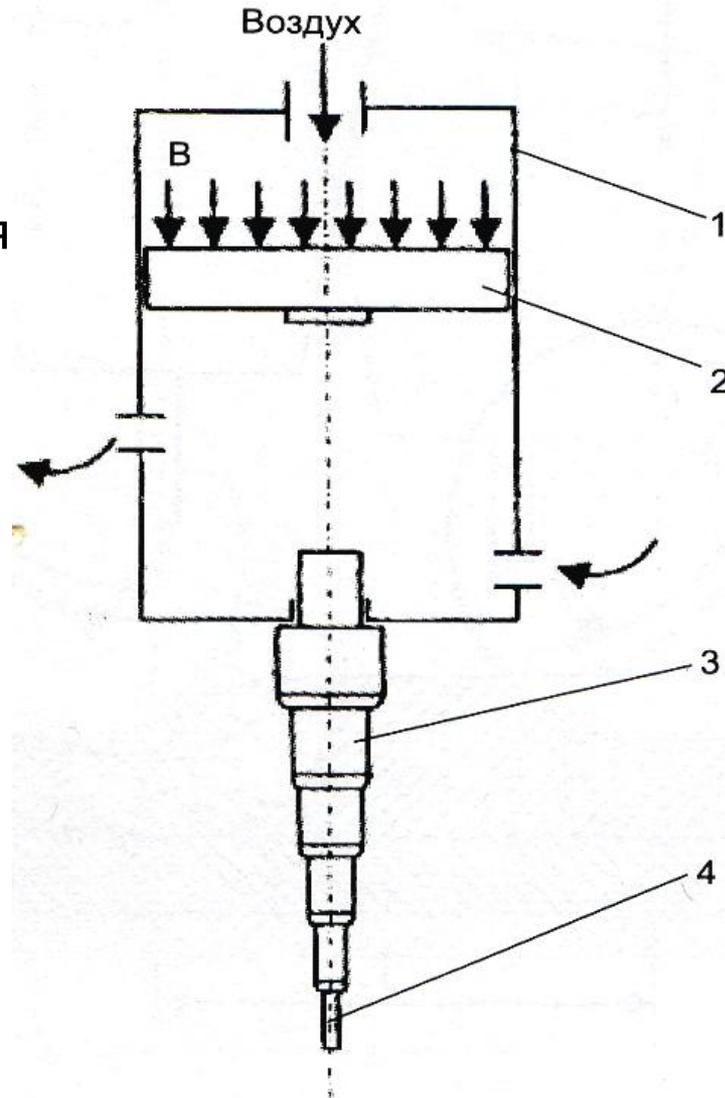
# Схема горячей прокатки в процессе сварки

- 1 – прокатываемый материал
- 2 – ролик
- 3 – горелка
- 4 – формирующая проплав канавка
- 5 – сварочный стол

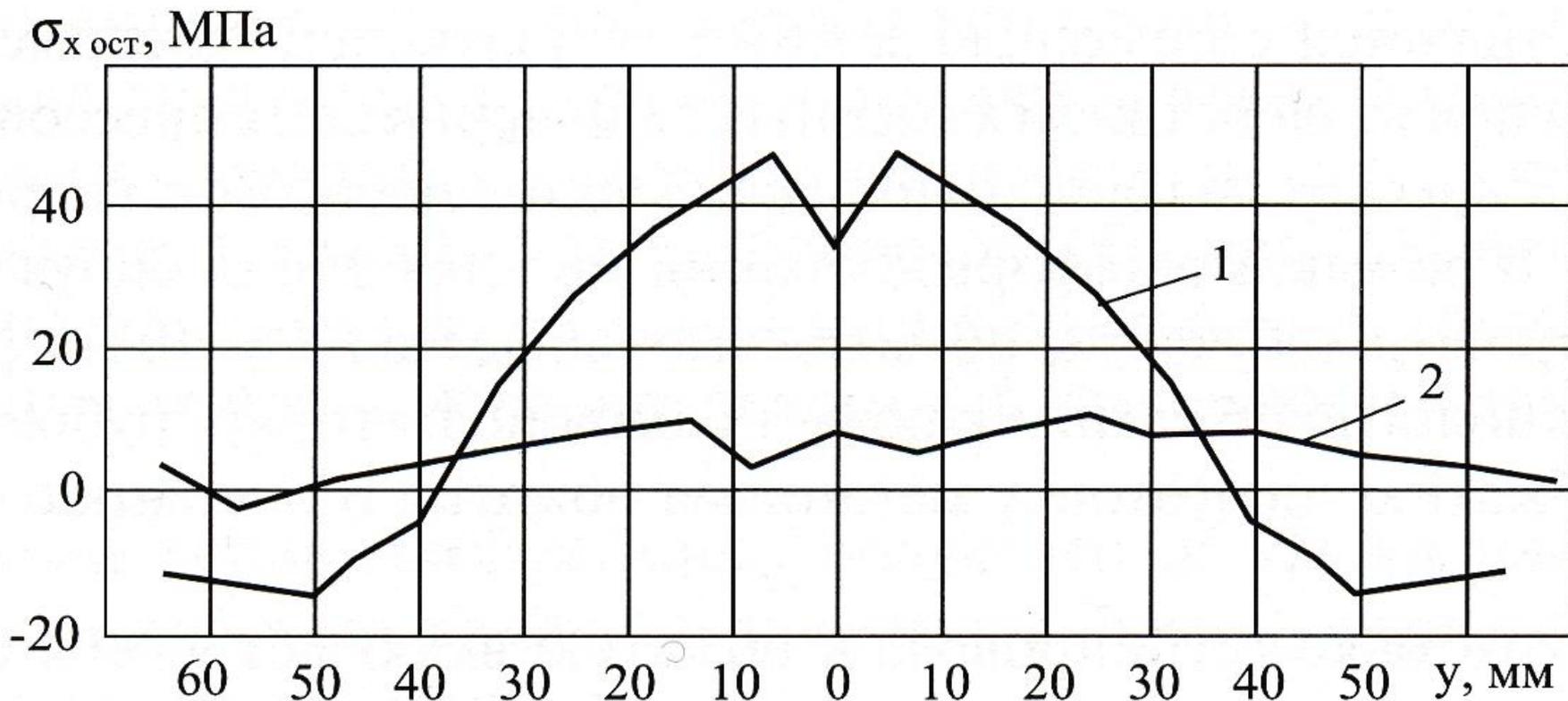


# Схема установки для ударного деформирования

- 1 – воздухораспределительная коробка
- 2 – пневмоцилиндр
- 3 – ударник с ускорителем
- 4 – боек

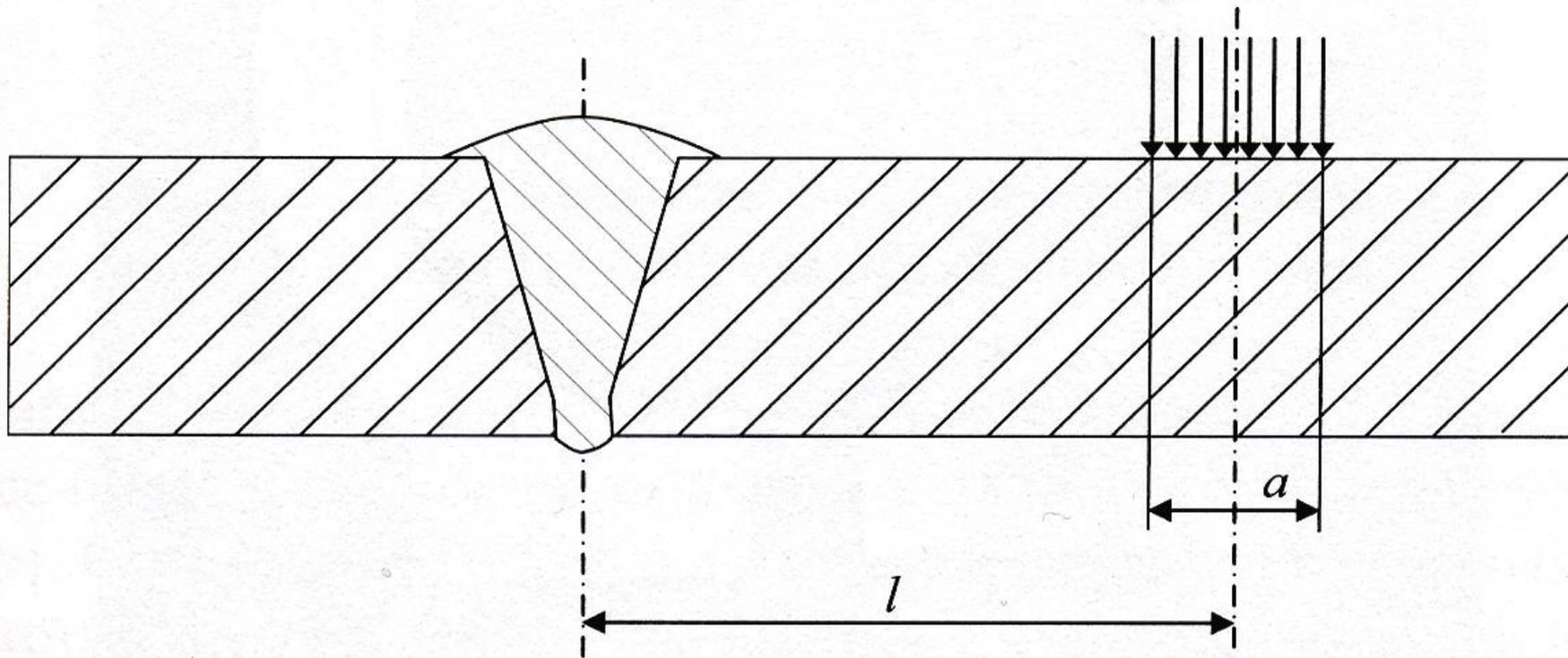


# Снижение напряжений при высокоскоростной проковке магниевого сплава МА2-1



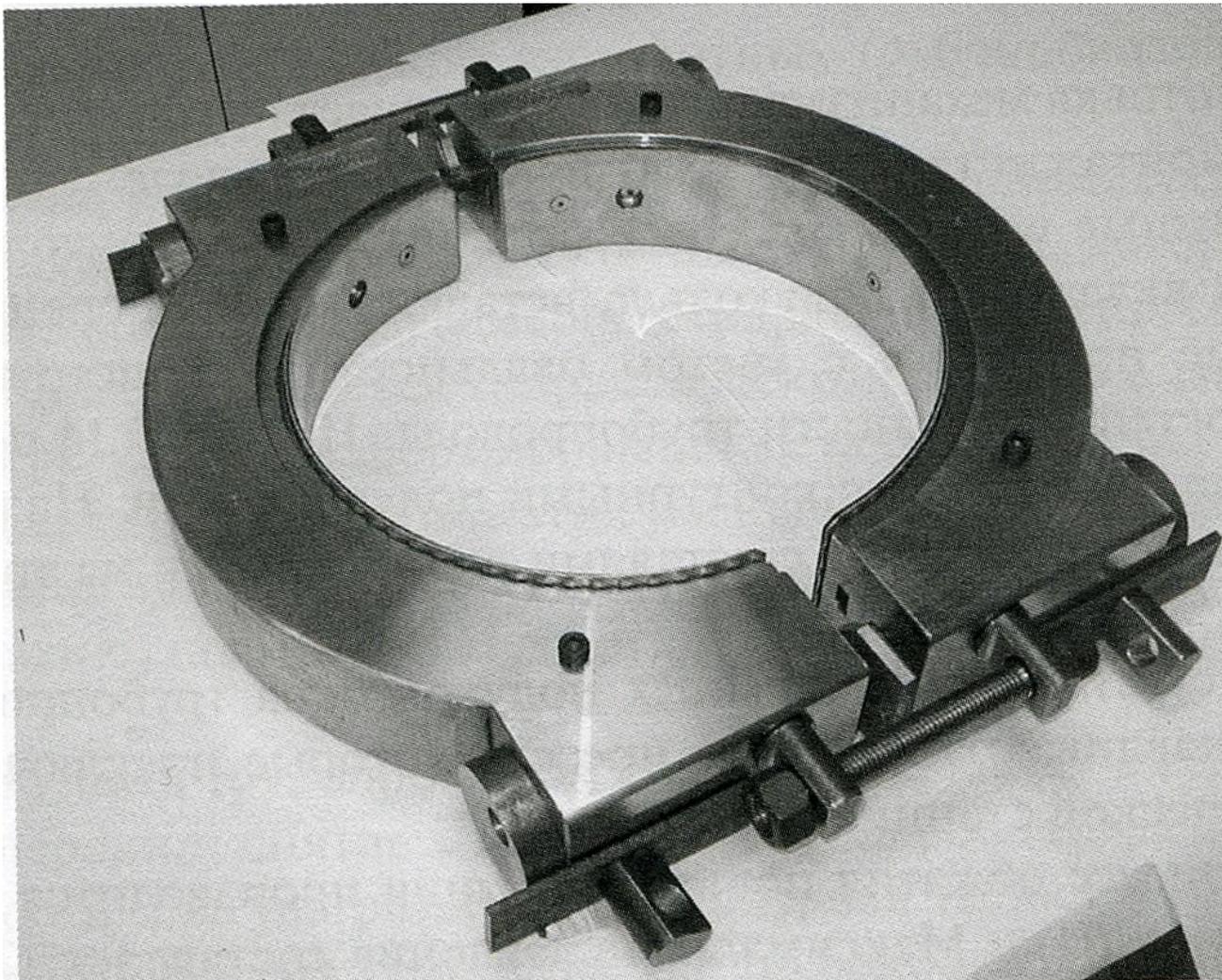
1 – сварка + отжиг; 2 – сварка +  
высокоскоростная проковка + отжиг

# Схема обжатия трубопровода с помощью зажимных полуколец



$L$  – расстояние от центральной линии полуколец до центральной линии шва (для трубопровода ДУ300 =60-65 мм);  $a$  – ширина полуколец

# Зажимные полукольца в сборе для установки на трубопровод



# Вибростенд для экспериментальной сварки и наплавки

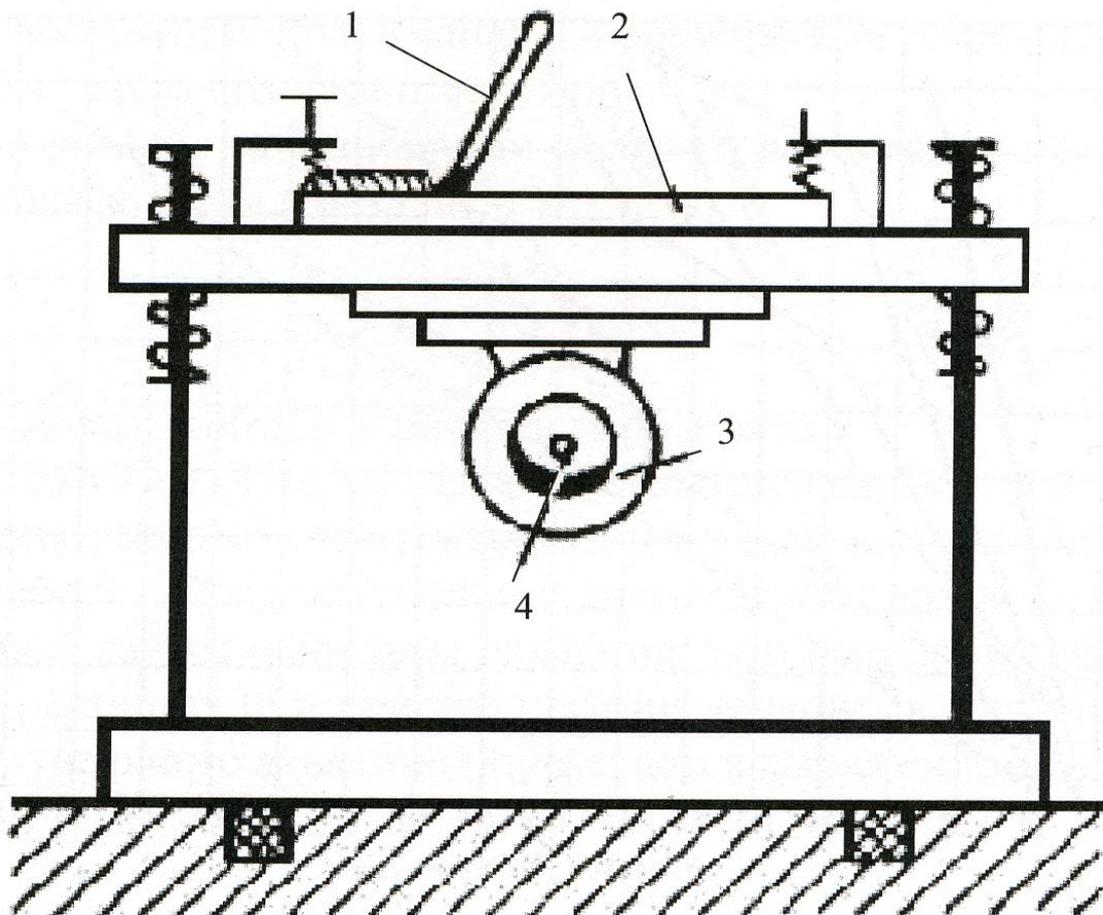
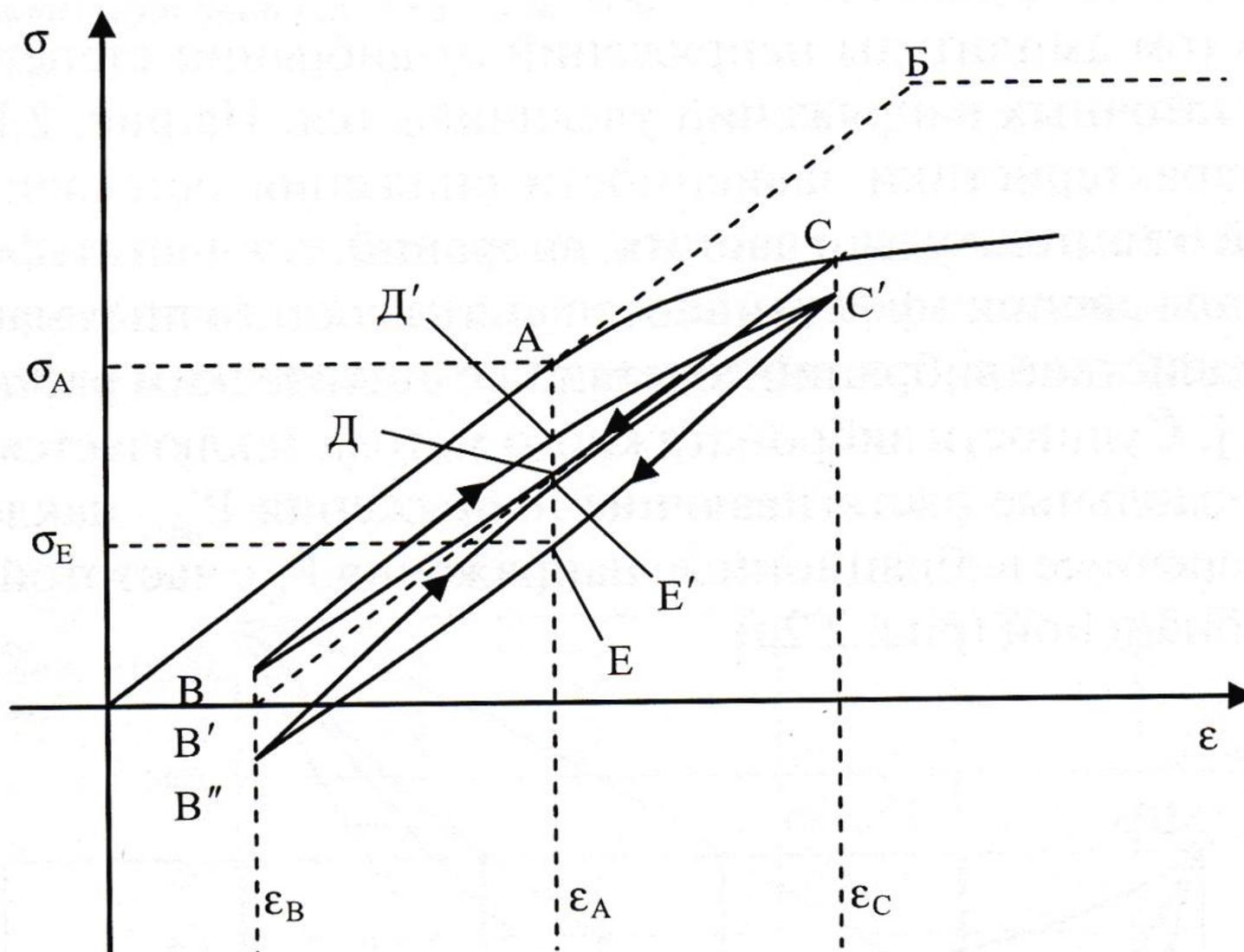


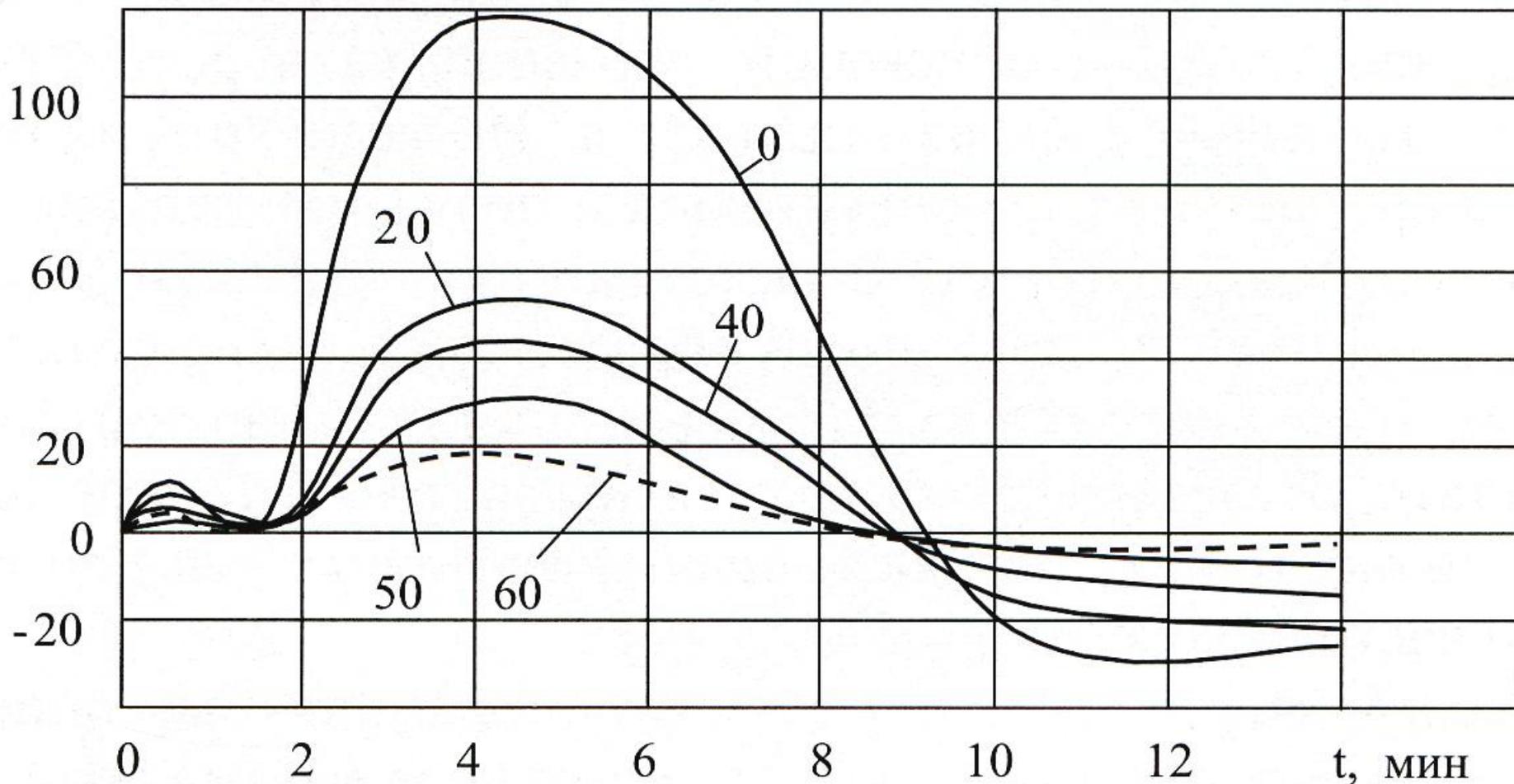
Схема эксперимента: 1 – электрод; 2 – свариваемая пластина; 3 – электродвигатель; 4 – эксцентрик

# Схема механизма снижения остаточных напряжений при вибросиловом нагружении

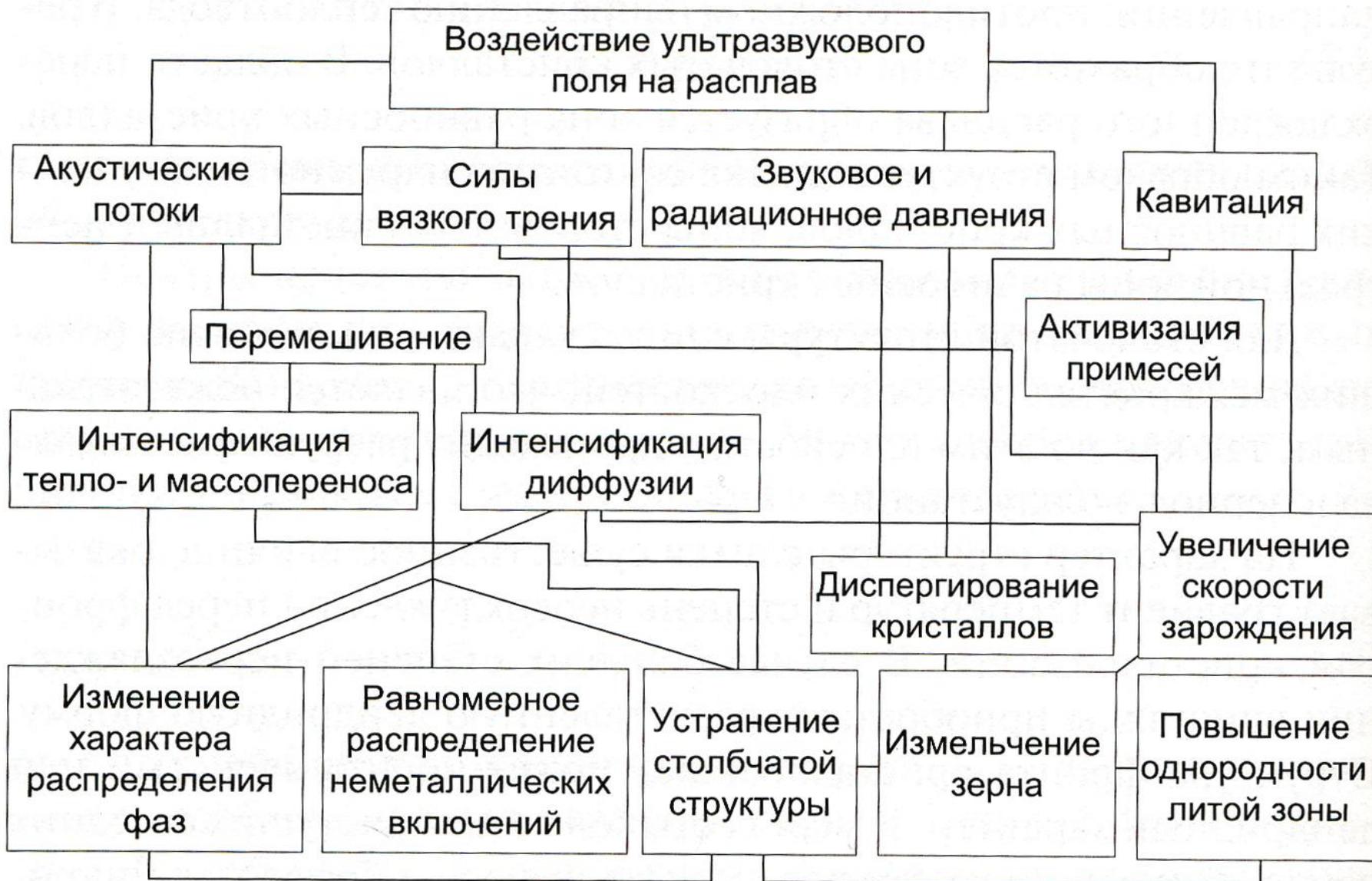


# Зависимость сварочных напряжений от частоты колебаний и времени воздействия вибрации

$\sigma$ , кгс/мм<sup>2</sup>



# Воздействие ультразвукового поля на расплав



# Схема воздействия ультразвука на процесс сварки

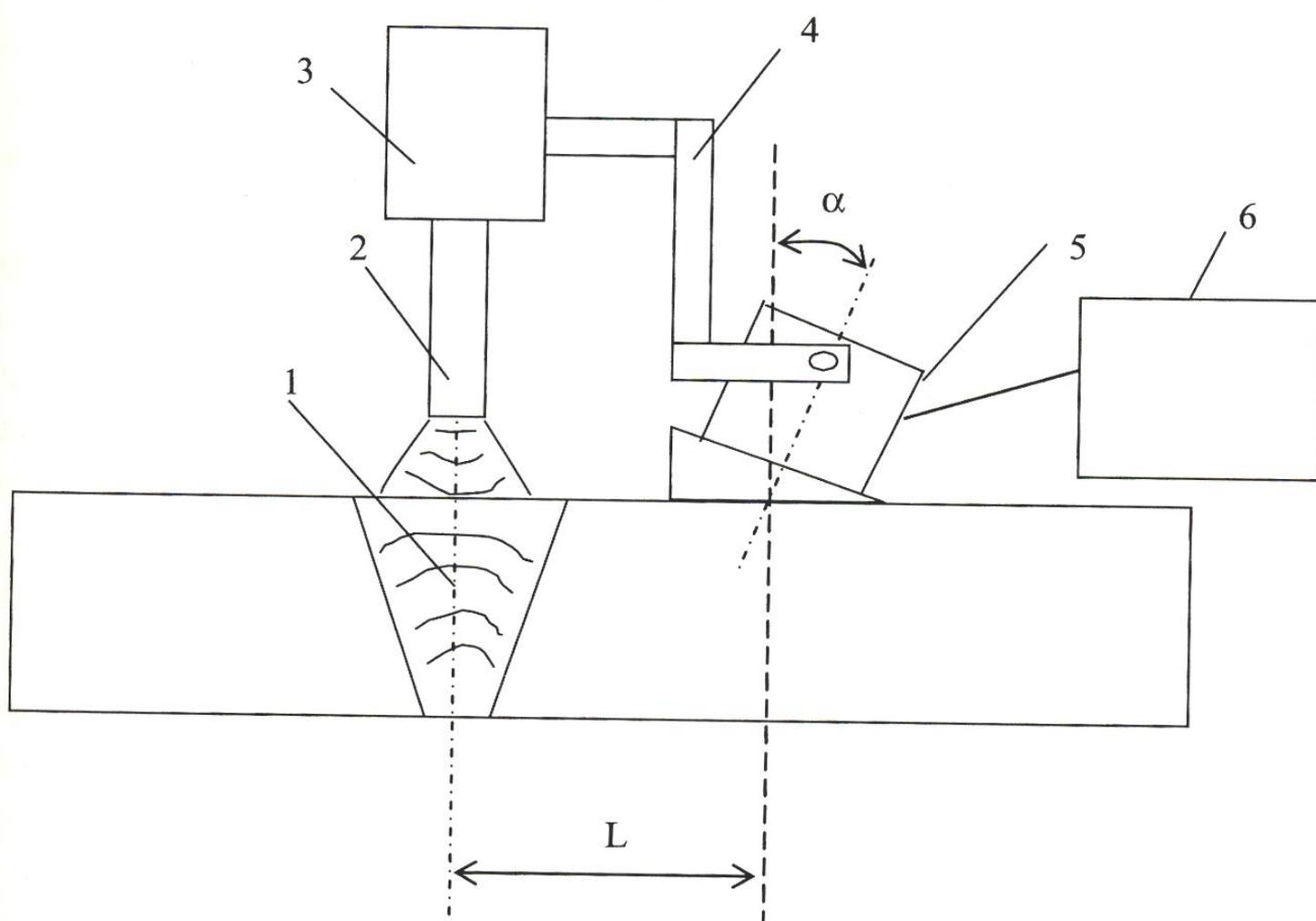


Схема устройства воздействия ультразвука на процесс сварки: 1 – сварной шов; 2 – электрод (горелка); 3 – держатель; 4 – кронштейн; 5 – ультразвуковой излучатель; 6 – ультразвуковой генератор

# Методы и критерии контроля за качеством снятия напряжений

- 1. Измерение уровня остаточных напряжений (метод Калакуцкого и др.).
- 2. Отсутствие трещин в свариваемых изделиях, вызванных остаточными напряжениями.
- 3. Сохранение формы и размеров изделий в заданных допусках.