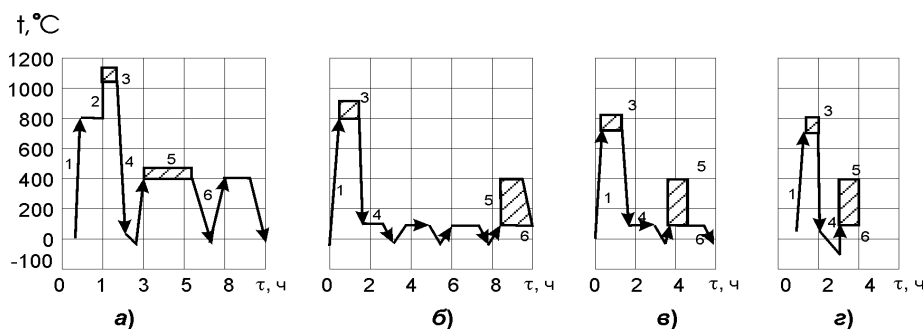


## Термообработка инструментальных сталей при криогенных температурах

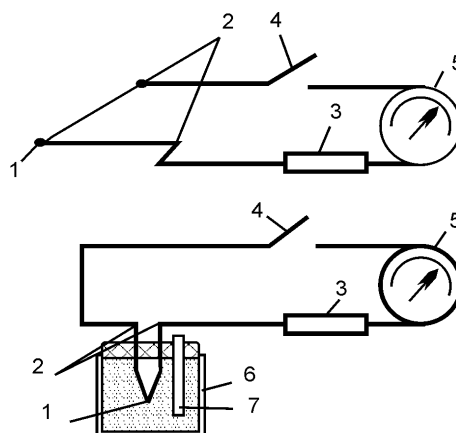
Внедрение в производство криогенных процессов для обработки инструментальных сталей связано с изменением последовательности операций термической обработки, возможным изменением режимов операций термообработки (цементации или закалки и отпуска), минимально допустимым промежутком времени между окончанием операции закалки и началом охлаждения ниже нуля, т. е. продолжительностью вылеживания при нормальной температуре, оптимальной температурой охлаждения, скорости охлаждения и продолжительности выдержки при низких температурах, обеспечением экономичности процесса (окупаемости затрат, связанных с усложнением технологии).

Детали особо сложной формы с неравномерным распределением массы и резкими переходами по сечению, особенно детали, изготовленные из высоколегированных сталей, характеризуются сквозным прокаливанием, немедленно после закалки подвергают отпуску для снятия закалочных напряжений. Если такие детали охлаждать ниже нуля, то увеличивается опасность образования трещин. Поэтому их подвергают обычному отпуску, затем охлаждают ниже нуля, после чего подвергают вторичному отпуску при несколько пониженной температуре. При таком выполнении технологического процесса предотвращается опасность возникновения кольцевых трещин в массивных инструментах (например, сверлах, зенкерах, развертках больших диаметров) из быстрорежущей стали, сваренной встык с углеродистой или низколегированной.

При изготовлении технологической оснастки высокой точности (измерительных инструментов, деталей прецизионных приборов и т. п.) требуется обеспечить максимальную стабилизацию размеров. В этих случаях необходимо устранить из структуры закаленной стали остаточный аустенит, сохранившийся в стали в небольших количествах после одноразовой криогенной обработки. Такие превращения происходят при дополнительной обработке – старении изделий при длительном нагреве до 120-150 °С. На рис. 11 приведены графики режимов термообработки различных сталей с применением криотемператур. Схемы приборов для измерения низких температур приведены на рис. 12.



**Рис. 11. Графики режимов термообработки с применением криотемператур для сталей:**  
**а** – быстрорежущих; **б** – шарикоподшипниковых;  
**в** – легированных цементованных; **г** – инструментальных;  
**1** – предварительный нагрев; **2** – закалка в масле;  
**3** – интервал температуры закалки; **4** – обработка при криотемпературах;  
**5** – интервал температуры отпуска; **6** – охлаждение



**Рис. 12. Схема прибора для замера температур до  $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ :**  
 1 – рабочий спай термопары хромельникеля; 2 – свободный спай;  
 3 – сопротивление 420 Ом; 4 – тумблер; 5 – потенциометр;  
 6 – термос; 7 – термометр

### **Восстановление технологической оснастки методами криогенной обработки**

Восстановление технологической оснастки, в том числе инструмента, воздействием криогенных температур основано на явлении роста объема структурных составляющих инструментальной стали при ее охлаждении в результате распада остаточного аустенита и замещения его мартенситом, удельный объем которого увеличен по сравнению с объемом аустенита (табл. 8).

Процесс восстановления технологической оснастки с применением криогенных температур состоит из следующих операций: очистки, обезжиривания и сушки с помощью смывочных жидкостей и технических салфеток; комплектования технологической оснастки в партии с учетом необходимых температуры обработки и времени выдержки; криогенной обработки каждой партии в отдельности (время выдержки отсчитывают с момента прекращения кипения азота, а при использовании криогенной установки – с момента достижения требуемой отрицательной температуры в криогенном аппарате); оттаивания без использования источников теплоты (на воздухе); просушки после окончания процесса охлаждения (через 0,5-2 ч после полного исчезновения снежного инея); контроля размеров технологической оснастки; доведения полученных размеров до исполнительных (выполняют по технологии, принятой для изготовления новой технологической оснастки) с помощью тонкого шлифования, притирки, хонингования и т. п.

### **Стабилизация форм и размеров деталей криогенными температурами**

В результате самопроизвольных фазовых превращений в стали и перераспределения остаточных напряжений могут произойти изменения размеров и формы деталей при их эксплуатации или хранении на складе. Эти процессы,