

Недоступен ни один перевод.

### Особенности криогенной обработки технологической оснастки из различных сталей

В углеродистых сталях с содержанием углерода более 0,6% в результате криогенной обработки твердость повышается независимо от той температуры, при которой была проведена закалка, т. е. при любой закалочной температуре (рис. 1). Однако при определении температуры окончания процесса криогенной обработки надо учитывать, что положение точки *M* на шкале температур изменяется с изменением температуры закалки (табл. 1). При закалке от температуры 750-800 °С охлаждение углеродистых инструментальных сталей до -30 °С является достаточным для максимального превращения остаточного аустенита. Однако, чем ниже температура закалки, а следовательно, чем меньше аустенит насыщен углеродом, тем меньше должен быть перерыв во времени между закалкой и криогенной обработкой. Температура мартенситного превращения углеродистой инструментальной стали некоторых основных марок приведена в табл. 2.

**Таблица 1. Зависимость температуры окончания криогенной обработки от температуры закалки**

Сталь

Температура , ° С

Закалки

*M* к

У 8

780

0

1000

– 60

У 10

780

0

1000

– 90

У12

780

-20

1000

-100

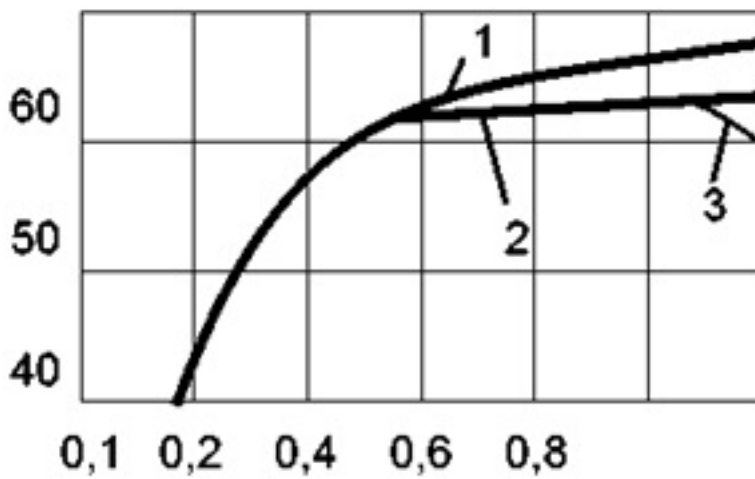


Рис. 1 Зависимость твердости закаленной углеродистой

стали от содержания углерода при нагреве:

1 -

выше

$A_{c3}$

и обработке при криотемпер

2 - выше 780-800 °С;

3 - выше  $A_{c3}$

С повышением температуры закалки быстрорежущей стали количество остаточного аустенита в ней при нормальной температуре возрастает; стабилизируемость его уменьшается. Поэтому криогенную обработку такой стали следует проводить при более низкой температуре. Сталь, закаленная при пониженных температурах нагрева, претерпевает более полное мартенситное превращение. Промежуток времени между операциями закалки и криогенной обработки для такой стали необходимо сократить. Если в процессе охлаждения до 100 °С делать остановки, то количество остаточного аустенита увеличится (табл. 3).

Для быстрорежущих сталей преимущества криогенной обработки сохраняются после отпуска при температурах до 580 °С. Если отпуск проводят при более высоких температурах, преимущество предшествующего ему охлаждения ниже нуля исчезает. Для снижения количества остаточного аустенита наиболее эффективна термообработка, включающая в себя отпуск (при 580 °С для стали типа Р18Ф2К8М или 560 °С для стали типа Р6М5Ф2К8 либо Р6М5Ф3) после закалки, криогенную обработку при -70<sup>^</sup>-100 °С (для указанных типов сталей) и двукратный отпуск при 560-580 °С. После такой обработки количество остаточного аустенита приближается в стали типа Р18Ф2К8М к 1,9%, в стали типа Р6М5Ф2К8 к 0,52%; твердость стали 65-66

□

□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□ **Таблица 2. Температура мартенситного превращения углеродистой инструментальной стали**



М к

До 20 ° С

До М к

У 7

300-255

-55

До 5

До 1

До 0,5

У 8

255-230

-55

3-5

1-5

До 1

У 9

230-210

-55

5-12

3-10

1-1,5

У 10

210-175

-60

6-18

4-12

1,5-3

У 12

175-160

-70

10-23

5-14

3-4

□

□

□□□□□□□□□□

□

□

□

□

□

□□□□ **Таблица 3. Зависимость количества остаточного аустенита в сталях от продолжительности перерыва при охлаждении**

**Продолжительность перерыва при охлаждении ,**

Полнота превращения аустенита

Количество остаточного аустенита

%

0,1 1,0 10,0

88 63 35

До 6,5 9,5

15

Быстрорежущие стали, обработанные при криотемпературах и затем отпущенные, приобретают более равномерную твердость, чем твердость сталей, охлажденных только в масле и отпущенных 3 раза при 560 °С. Для резцов из

быстрорежущей стали, обрабатываемой при криотемпературах, рекомендуется двукратный отпуск при 540 °С с выдержкой не менее 1 ч каждый. Средняя стойкость инструментов, охлажденных ниже нуля, на 40-50% превышает стойкость инструментов, не подвергавшихся криогенной обработке. Температура мартенситного превращения легированной инструментальной стали некоторых основных марок приведена в табл. 4.

Криогенная обработка закаленных конструкционных сталей нецелесообразна, так как температура конца мартенситного превращения в таких сталях выше 20 °С. Этот вид обработки применяют для конструкционных сталей, предварительно прошедших цементацию, азотирование или цианирование. Высокое содержание углерода в цементованном слое способствует сохранению в нем остаточного аустенита (особенно в сталях, содержащих такие легирующие элементы, как хром, никель и вольфрам). Твердость и износостойкость цементованных изделий при криогенной обработке повышаются. Режим криогенной обработки сталей с насыщенным поверхностным слоем аналогичен режиму, назначенному для углеродистых или легированных инструментальных сталей с количеством углерода и легирующих примесей, равным количеству, содержащемуся в поверхностном слое.

**Таблица 4. Температура мартенситного превращения и эффективность охлаждения ниже нуля**

Границы превращения, °С

Количество (%) остаточного аустенита после охлаждения

Прирост

Сталь

твёрдости (HRC) после охлаждения до Мк

Мн

Мк

до 20°C

до Мк

7X

280-230

-55

3-10

1-8

До 1

7X9

240-185

-60

4-17

2-12

1-2,5

9X

220-180

-70

6-18

4-13

1-2,5

X

175-145

-90

10-28

5-14

3-6

9XC

210-185

-60

6-27

4-12

1,5-2,5

XBГ

155-120

-110

13-45

2-17

До 10

ХГ

120-100

-120

22-60

До 20

»15

20Х3

140-120

-100

17-40

» 15

» 10

13H2A

160-140

-95

12-30

3-4

4-7

13H5A

160-140

-95

12-30

3-14

4-7

12H5A

120-100

-120

22-60

До 20

До 15

18X2H4BA

130-120

-110

20-45

» 15

» 10