

**а) верхней зоны,  $\times 8000$ ; б) нижней зоны,  $\times 8000$** 

Изучение структуры (рис. 8) и свойств чугуна вдоль образующей цилиндра показало, что твердость меняется от 217 НВ практически по всему сечению отливки до 241 НВ в зонах максимального упрочнения. Столь незначительное увеличение твердости объясняется снижением ее в зонах упрочнения за счет высокого отпуска. На структуру металлической матрицы влияние упрочнения более существенно. Дисперсность перлита увеличивается практически вдвое. Распределение и форма графитовых включений практически идентичны в пределах всей отливки, так как охлаждение производилось после окончания процесса графитизации.

Таким образом, разработанная технология отливки блока цилиндров автомобильных двигателей позволяет улучшить качество металла, повысить его износостойкость в самых ответственных местах деталей и в результате повысить общий ресурс двигателя. Предлагаемая технология проста, не требует дополнительных затрат энергии на нагрев под термообработку, сокращает время выдержки заготовки в форме, способствует повышению производительности литейных конвейеров и уменьшает пылеобразование при выбивке. Применение методов неравномерной термической обработки втулок и блоков цилиндров из чугунов показали значительное повышение их износостойкости в зоне верхней мёртвой точки, что представляет большой практический интерес.

**Термообработка инструментов**

**Термообработка сверл.** Сверла в основном изготавливают составными: рабочую часть из быстрорежущей стали, а хвостовую – из конструкционной. Непосредственно после сварки этих частей заготовку сверла подвергают отжигу, а после обработки резанием – закалке и отпуску.

Нагрев рабочей части сварных сверл из быстрорежущей стали проводят в соляных ваннах или в печах, используя приспособления, приведенные на рис. 9. Удобнее пользоваться соляными ваннами с несколькими тиглями. В первой ванне сверла подогревают до 600-650 °С. Окончательный нагрев до температуры закалки (для быстрорежущей стали) осуществляется в третьей ванне. Продолжительность нагрева сверл под закалку указана в табл. 27. После выдержки при температуре закалки охлаждение проводят в масле, подогретом до 90-140 °С. Сверла охлаждают в нем до 250-200 °С, а затем на воздухе. Охлаждение можно проводить в соляной ванне до 500-550 °С, а затем на воздухе. Отпуск проводят в шахтных печах с принудительной циркуляцией воздуха при 550-570 °С.

При термической обработке хвостовика сверла его погружают в соляную ванну, нагретую до 820-740 °С, выдерживают, после чего охлаждают в 5%-ном растворе NaCl до температуры 150-200 °С, а затем на воздухе. После закалки хвостовик отпускают в соляной ванне при 450-500 °С.

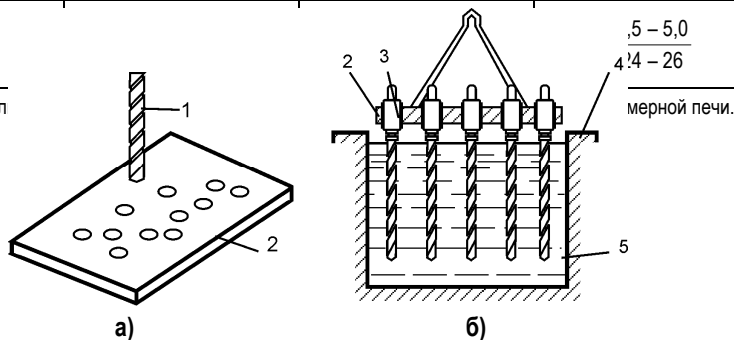
Нагрев сверл из легированной или углеродистой стали проводят в соляной ванне, после чего охлаждают в селитровой или масляной ванне до 150-180 °С, а затем на воздухе. Отпуск сверл из различных марок легированных сталей, кроме стали 9ХС, проводят в масляной ванне при 150-180 °С в течение 1-2 ч. Сверла из стали 9ХС отпускают в масляной ванне или в электропечах при 180-200 °С в

течение 1,5-2 ч. Сверла из углеродистой стали охлаждают в воде до 180-200 °С, а затем переносят в масло.

**27. Продолжительность (мин) нагрева сверл в соляных ваннах и камерных печах**

Диаметр сверл, мм	Число одновременно нагреваемых сверл	Продолжительность нагрева стали	
		Быстрорежущей	Углеродистой и легированной
3-5	10-12	$\frac{0,17 - 0,25}{0,4 - 0,5}$	$\frac{0,54 - 0,75}{3 - 4}$
6-8	6-8	$\frac{0,14 - 0,5}{0,8 - 1,0}$	$\frac{0,8 - 1,1}{5 - 6}$
10-12	4-5	$\frac{0,66 - 0,83}{1,4 - 1,6}$	$\frac{1,3 - 1,5}{7 - 8}$
14-16	3-5	$\frac{0,83 - 1,0}{1,6 - 2}$	$\frac{1,8 - 2,2}{10 - 12}$
18-20	2-3	$\frac{1,0 - 1,3}{2,0 - 2,5}$	$\frac{2,3 - 2,6}{14 - 15}$
22-25	2	$\frac{1,3 - 1,5}{2,5 - 3,0}$	$\frac{2,9 - 3,2}{16 - 18}$
26-30	1	$\frac{1,6 - 2,0}{3,2 - 4,0}$	$\frac{3,5 - 3,8}{20 - 22}$
33-37			$\frac{,5 - 5,0}{4,4 - 26}$

Примечание. В числ



**Рис. 9. Приспособления для нагрева сверл в печах (а) и в соляных ваннах (б):**

1 – сверло; 2 – плита; 3 – втулка; 4 – ванна; 5 – охлаждающая среда

**Термообработка зенкеров.** Зенкеры из быстрорежущей стали подвергают термической обработке для получения твердости поверхности HRC: 62-64 рабочей части, до 30-45 хвостовой части. Технологический процесс термообработки зенкеров и оборудование приведены в табл. 28.

При термообработке сварного хвостовика зенкера, изготовленного из стали 45, выполняют следующие операции: первый подогрев в шахтной пламенной печи до температуры 120-130 °С с выдержкой при этой температуре в течение 7 мин; окончательный нагрев в соляной ванне до 850-880 °С с выдержкой 2 мин; охлаждение в воде; нагрев в шахтной печи или в соляной ванне до 450-550 °С; выдержка при этой температуре (продолжительность выдержки зависит от размеров зенкера).

После термообработки осуществляют контроль твердости рабочей части зенкеров тарированным напильником. Зенкеры диаметром до 6 мм контролируют на твердость в количестве 10% от партии. У 5-10% инструментов от партии определяют твердость хвостовой части, у 10% – кривизну.

**Термообработка метчиков.** Метчики изготовляют из углеродистых, легированных и быстрорежущих сталей. Нагрев метчиков под закалку проводят в соляной ванне. В результате обеспечивается получение высокой твердости поверхностных слоев металла при вязкой сердцевине, уменьшается деформация резьбы и увеличивается стойкость метчика.

Метчики из быстрорежущей стали нагревают преимущественно в два приема при температурах 400-500 и 800-850 °С. Охлаждение проводят в селитровой ванне, нагретой до 450-400 °С, или в масле, нагретом до 150-200 °С, с последующим охлаждением на воздухе.

В селитровую или масляную ванну метчики погружают в вертикальном положении, перемещая их по кругу вверх и вниз. Метчики из углеродистой стали диаметром до 8 мм охлаждают в масле; диаметром более 8 мм – в воде (до потемнения) с последующим переносом в масло. Отпуск метчиков проводят в масляной ванне при температуре 150-180 °С в течение 1-2 ч.

Твердость режущей части метчиков контролируют тарированным напильником. Твердость НРС метчиков должна составлять: из быстрорежущей стали 61-65; из углеродистой и легированной стали: 57-60 (диаметр метчиков 1-6 мм), 58-62 (диаметр 7-15 мм), 59-63 (диаметр более 15 мм). Ориентировочная продолжительность нагрева метчиков под закалку приведена в табл. 29.

В отличие от сверл метчики могут не иметь высокой твердости по всему сечению. При вязкой сердцевине уменьшается опасность поломки метчиков при правке или работе. Под закалку метчиков малых диаметров с мелким шагом резьбы их нагревают до нижнего предела технологических температур.

**Термообработка резцов из быстрорежущей стали** осуществляется после напайки и приварки пластинок к стержню. Если пластинки напаяны припоем ГФК, то термообработку резцов проводят в такой последовательности: окончательный нагрев под закалку (например, для стали типа Р9 до 1230-1250 °С), продолжительность нагрева приведена в табл. 30; охлаждение на воздухе до 1050-980 °С; охлаждение в масле до 180-120 °С; двукратный отпуск в селитровой ванне при 540-560 °С с выдержкой около 1 ч.

Если пластинки приварены с использованием сварочных порошков, то после полного охлаждения резца проводят термообработку в такой последовательности – ступенчатый нагрев до температур, °С, вначале до 820-850 °С, затем до 960-980 °С и до 1240-1300 °С; охлаждение в масле или в струе холодного воздуха; отпуск при температуре 540-560 °С с выдержкой в печи в течение 2-3 ч (в зависимости от сечения); охлаждение в масле или в струе холодного воздуха. Твердость режущей части резца после отпуска должна быть

**28. Параметры технологического процесса  
термообработки зенкеров из быстрорежущей стали,  
применяемое оборудование**

Операция	Температура, °C	Оборудование (среда)	Время выдержки, мин
Первый нагрев	500-600	Камерная электрическая или пламенная печь	$\tau = \frac{D_{\text{расч}} \cdot l}{4l + D}$
Второй нагрев	850-880	Ванна (78%BaCl и 22%NaCl)	$\tau = \frac{10D_{\text{расч}} \cdot l}{4l + D}$
Окончательный нагрев	1230-1240 (для стали типа P9) 1270-1280 (для стали типа P18)	Ванна (BaCl)	$\tau = \frac{5D_{\text{расч}} \cdot l}{4l + D}$
Охлаждение	450-600	Ванна (расплав солей)	Такое же, как при первом нагреве, затем на воздухе
	90-140	Бак (масло)	До температуры 200-250 °C в масле, затем на воздухе
	20-40	Спокойный воздух для зенкеров диаметром до 10 мм; струя воздуха для зенкеров диаметром свыше 10 мм	До полного охлаждения
Отпуск (двукратный или трехкратный)	560-570	Соляная ванна или электровоздушная печь	1 ч с момента прогрева партии заготовок до температуры отпуска

**Обозначения:**  $l$  – глубина погружения зенкера в ванну нагрева, равная величине зоны закалки плюс  $0,5 D$ , см;  
 $D$  – диаметр зенкера; см  $D_{\text{расч}}$  – расчетный диаметр, см;  $D_{\text{расч}} = D - h$  ( $h$  – высота зуба, см);  $K$  – коэффициент  
(для пламенных печей  $K = 30$ , для электропечей  $K = 35$ ).

**29. Продолжительность нагрева под закалку  
в зависимости от материала метчиков  
и применяемого оборудования**

Диаметр метчиков, мм	Число одновременно нагреваемых метчиков	Продолжительность нагрева, мин		
		Быстрорежущей стали в соляной ванне	углеродистой стали	
			В соляной ванне	В камерной печи
2	15-20	0,25-0,35	0,50-0,58	2-3
3	10-15	0,33-0,40	0,05-0,80	3-4
6	8-10	0,66-0,88	1,0-1,3	4-6
8	8-10	0,8-1,0	1,5-1,8	6-7
10	8-10	1,0-1,1	2,0-2,2	7-8
12	6-8	1,4-1,5	2,4-2,6	9-10
14	6-8	1,5-1,6	3,1-3,3	10-11
18	6-7	2,0-2,2	4,0-4,2	13-14
20	4-5	2,2-2,4	4,3-4,5	15-16
24	3-4	2,4-2,6	5,3-5,5	18-20

**30. Продолжительность нагрева под закалку резцов  
из быстрорежущей стали в зависимости  
от используемого оборудования**

Размер наименьшей стороны сечения резца, мм	Число одновременно нагреваемых резцов	Продолжительность нагрева, мин	
		В высокотемпературной соляной ванне	В камерной печи
10	6-8	От 1,2 до 1,5	От 2,5 до 3,0
12	6-7	Св. 1,5 » 2,0	Св. 3,0 » 4,0
16	5-6	» 2,0 » 2,5	» 4,0 » 5,0
20	3-5	» 2,5 » 3,0	» 5,0 » 6,0
25	2-4	От 3,2 » 4,0	» 6,0 » 8,0
30	2-3	Св. 4,0 » 5,0	» 8,0 » 10,0

**Термообработка фрез** (червячных, цилиндрических, торцовых, дисковых, пазовых, отрезных и фасонных) из быстрорежущей стали осуществляется в такой последовательности: первый нагрев до температуры 600-650 °С, второй – до 800-850 °С, окончательный нагрев – до 1270-1290 °С, охлаждение в соляной ванне, нагретой до 500-550 °С, или в масле, температура которого равна 90-140 °С, с последующим охлаждением до температуры 200-250 °С на воздухе; промывка, трехкратный отпуск в соляной ванне при температуре 550-570 °С; промывка и пассивирование; контроль твердости. Продолжительность нагрева фрез под закалку приведена в табл. 31 и 32.

**31. Продолжительность (мин) нагрева  
под закалку цилиндрических фрез в зависимости  
от их материала и применяемого оборудования**

Размер фрезы, мм		Число одновременно нагреваемых фрез	Продолжительность нагрева стали			
			Быстрорежущей		Легированной	
Диаметр	Ширина		В соляной ванне	В камерной печи	В соляной ванне	В камерной печи
40	50	2	1,1-1,2	2,2-2,4	2,2-2,4	10-11
50	60	2	1,4-1,5	2,8-3,0	2,8-3,0	12-13
60	60	2	1,8-2,0	3,6-4,0	3,6-4,0	14-16
75	75	1	2,6-2,8	5,2-5,5	5,2-5,6	18-26
90	100	1	3,8-4,0	7,6-8,0	7,6-8,0	22-24

Сборные фрезы (концевые и шпоночные) термически обрабатывают по такому же режиму, как и сварные сверла. Прорезные фрезы нагревают в вертикальном положении. Дисковые фрезы толщиной до 2,5 мм во избежание деформации охлаждают между металлическими плитами. Отпуск должен быть двукратным при 550-570 °С. Закалку в масле проводят при горизонтальном положении червячных фрез. Фрезы из углеродистой стали после нагрева под закалку в соляной ванне охлаждают в воде и затем – переносят в масло. Выдержка в воде должна быть наименьшей во избежание появления трещин. Например, фрезу диаметром 25 мм охлаждают в воде 34 с, после чего помещают в масло.

Прецизионные зуборезные инструменты из сталей типов Р6М5 и Р6М5К5

**32. Продолжительность (мин) нагрева под закалку концевых фрез в зависимости от их материала и применяемого оборудования**

Диаметр	Число одновременно нагреваемых фрез, шт	Продолжительность нагрева стали			
		Быстрорежущей		Углеродистой и легированной	
		В соляной ванне	В камерной печи	В соляной ванне	В камерной печи
3-4	10-15	0,3-0,35	0,8-1,0	0,6-0,8	3-4
5-6	8-10	0,5-0,58	Св. 1,0 до 1,2	1,0-1,3	5-6
7-8	6-8	0,75-0,9	1,5-1,7	1,5-1,8	Св. 6 до 7
10-11	6-8	1,0-1,1	Св. 1,8-до 2,0	2,0-2,2	Св. 7 до 8
12-15	5-6	1,1-1,3	» 2,0 » 2,5	2,4-2,6	12-13
16-17	5-6	1,5-1,6	3,0-3,5	3,5-3,8	Св. 13 до 14
18-19	4-5	1,7-1,8	Св. 3,5 до 4,0	4,0-4,5	15-16
20-21	3-4	2,0-2,2	» 4,0 » 4,5	Св. 4,5 до 5,0	17-18
22-26	3-4	2,3-2,4	Св. 4,5 до 5,0	Св. 5,0	Св. 18
27-28	2-3	2,5-2,8	» 5,0 » 5,5	до 5,5	до 20

целесообразно изготавливать с разделением процесса шлифования закаленного инструмента на предварительное и окончательное. В этом случае последующий дополнительный отпуск при температуре 500 °С в течение 1 ч (после предварительного шлифования) и 200 °С в течение 1 ч (после окончательного шлифования) наиболее надежно стабилизирует размеры инструмента при хранении.

После окончательной термообработки контролируют твердость фрез твердомером или тарированным напильником. Она должна составлять 62-65 HRC. Качество отпуска проверяют магнитным методом у 5-10% фрез из партии.

**Термообработка плашек.** Плашки должны иметь повышенную вязкость. В целях предотвращения выкашивания режущей части их нагревают под закалку до нижнего предела интервала температур с минимальной выдержкой. Продолжительность нагрева плашек под закалку приведена в табл. 33. Предварительный подогрев плашек под закалку проводят в соляной ванне до температуры 750-780 °С; плашек диаметром более 25 мм – до температуры 400 °С. Во избежание обезуглероживания поверхности резьбы нагрев ведут в хорошо раскисленной соляной ванне. При окончательном нагреве в камерной печи плашки покрывают слоем буры. Во избежание коробления не допускается провисание плашек в печи. Время выдержки в камерной печи – 1 мин на 1 мм<sup>2</sup> площади сечения плашки.

Плоские плашки для уменьшения коробления охлаждают под прессом между плитами, охлаждаемыми водой.

Тангенциальные плашки охлаждают в селитре при температуре 450-500 °С или в масле при 150-200 °С, а затем – на воздухе. Плоские плашки отпускают при температуре 160-170 °С в течение 24 ч. Для тангенциальных плашек проводят двукратный отпуск по 1 ч при температуре до 540-580 °С. Твердость плашек должна быть 59-61 HRC.

Контроль твердости проводят твердомером. Тарированным напильником проверяют обезуглероживание резьбы. Накатные плашки из стали X12Ф1

### 33. Продолжительность нагрева круглых плашек под закалку в зависимости от применяемого оборудования

Толщина плашки, мм	Число одновременно нагреваемых плашек	Продолжительность нагрева, мин	
		В соляной ванне	В камерной печи
6	10-12	1,6-1,8	6-7
7	10-12	1,8-2,0	7-8
9	8-10	2,3-2,5	8-9
11	8-10	2,5-2,8	9-10
14	6-8	2,8-3,0	10-11
18	6-8	3,2-3,5	14-15
22	5-6	4,2-4,5	17-18
25	5-6	4,7-5,0	22-24
30	4-5	6,0-6,5	28-30
36	3-4	7,5-8,0	36-38

изготавливают из поковок с последующей термической закалкой. После образования резьбы плашки подогревают в печи до 810 °С, а затем окончательно – в хлорбариевой ванне до 1050 °С. Для предупреждения коробления их охлаждают в вертикальном положении в течение 15 мин в растворе селитры, нагретом до 450 °С. Затем плашки помещают в ванну с маслом при температуре 80 °С. Отпуск плашек проводят в электропечи при температуре 450 °С в течение 3-4 ч. Интервал времени между закалкой и отпуском не должен превышать 2 ч. Твердость накатных плашек после отпуска должна быть 56-58 HRC.

**Термообработка протяжек.** Протяжки изготавливают из быстрорежущих или легированных сталей ХВГ, Х12Н, ХГ и др. Для уменьшения деформации термообработку длинных протяжек выполняют 3 раза: после предварительной обработки резанием, после окончательной обработки резанием и после шлифования.

Термообработку после предварительной обработки резанием выполняют в такой последовательности: нагрев до температуры закалки с предварительным подогревом, охлаждение в масле, отпуск при температуре 770-790 °С, правка. Вместо закалки с высоким отпуском можно проводить отжиг в чугунной стружке или угле.

Термообработка после окончательной обработки резанием включает подогрев до 800-850 °С в вертикальной шахтной печи или соляных ваннах (при нагреве в шахтных печах для уменьшения обезуглероживания и окисления поверхности протяжки обертывают листовым асбестом; после нагрева в течение 15-30 мин их освобождают от асбеста, рабочую часть посыпают бурой и несколько минут повторно нагревают для расплавления буры, после чего переносят в печь для окончательного нагрева) окончательный нагрев в шахтной электрической печи или в соляных ваннах, охлаждение в масле в вертикальном положении до 300-400 °С, горячая правка под прессом, охлаждение на воздухе в подвешенном состоянии, двукратный отпуск по 1 ч при температуре 550-580 °С, правка, очистка, нормализация хвостовой части.

Термообработка протяжек после шлифования заключается в отпуске в масляной ванне при температуре 200-250 °С для снятия внутренних напряжений, возникающих при шлифовании. Если корпус протяжки сваривается с хвостовиком из стали 40Х или 50, то твердость хвостовика должна быть 35-45

HRC. Требуемая твердость хвостовика может быть получена при нормализации или закалке при нагреве в соляной ванне или на установке ТВЧ до 840-850 °С, охлаждении в масле и отпуске хвостовика в селитре.

При термообработке протяжек необходимо соблюдать следующие условия: при всех операциях протяжки должны находиться в вертикальном положении в подвешенном состоянии, окончательный нагрев протяжек малой длины следует проводить в соляной ванне, а длинных – в шахтной печи (при отсутствии таковых нагрев ведут в горизонтальной печи на подставках); при охлаждении во время закалки подвешенную протяжку следует перемещать вверх и вниз (плоские протяжки небольших сечений для уменьшения деформации зажимают при охлаждении между охлаждаемыми плитами или под прессом); правку после закалки и отпуска необходимо проводить в горячем состоянии; правку после очистки следует проводить при подогреве сварочной горелкой до температуры отпуска.

**Термообработка калибров-пробок.** Чтобы уменьшить деформацию калибров, их подвергают улучшению после предварительной обработки резанием, а затем выполняют повторную обработку резанием с припуском на шлифование и доводку. Термическую обработку калибров-пробок выполняют в такой последовательности: предварительный подогрев в тщательно раскисленной соляной ванне до 600-650 °С, окончательный нагрев в соляной ванне до 820-850 °С, охлаждение в соляной ванне и на воздухе до 150-180 °С, а затем в масле до 20-70 °С, обработка холодом в холодильной установке при температуре до -55 °С, промывка в 10%-ном содовом растворе, отпуск в шахтной печи при температуре 160-180 °С, обработка резанием (предварительная доводка), старение при температуре (150±10) °С. Твердость калибров после обработки должна быть 56-64 HRC. Калибры, изготовленные из сталей У10 и У10А, закаливают в воде, а затем в масле.

Продолжительность отпуска зависит от точности размеров калибров. При высокой точности отпуск длится 20-32 ч; при пониженной – 2-3 ч.

**Термообработка скоб и шаблонов.** Скобы и шаблоны простой формы изготавливают из малоуглеродистой стали, шаблоны или лекала сложной формы – из высокоуглеродистой или легированной.

Термообработку скоб и шаблонов из стали 20 проводят в такой последовательности: цементация, нагрев под закалку в соляной ванне при температуре 780-800 °С, охлаждение в соляной ванне и на воздухе до 150-180 °С и в водяной ванне до 30-40 °С, обработка холодом в холодильной установке при температуре до -20 °С для сохранения размеров, промывка в 10%-ном содовом растворе при 70-90 °С, отпуск при температуре 160-180 °С, старение после шлифования и предварительной доводки в масляной электрованне при температуре 150±10°С.

Если шаблоны или скобы изготовлены из стали 20Х, то отпуск проводят в масле. Продолжительность отпуска зависит от размеров инструмента и глубины цементации. Шаблоны и лекала сложной формы охлаждают с подогревом в расплавленной соли или масле, что значительно уменьшает степень деформации. Чтобы уменьшить деформацию шаблонов и скоб, закаливают только их рабочие поверхности.

### **Термообработка штампов**