

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

**34. Режимы термообработки стальных штампов
для горячей штамповки**

Сталь штампа	Закалка			Отпуск			
	Температура нагрева, °С	Среда охлаждения	Твердость после закалки HRC	Температура нагрева, °С	Твердость после отпуска		
					HB	HRC	
У7	800-830	Вода	62-64	370-400	340-375	37-40	
7Х3 8Х3 4ХС	830-860 820-850 890-920	Масло	59-61 60-62 52-54	480-520 480-520 240-270	364-430 387-430 495-512	39-45 41-45 51-52	
6ХС	Св. 840 до 860	Вода	58-60	240-270	295-512	51-52	
	Св. 860 до 880			350-450	402-430	43-45	
5ХНВ	830-860	Масло	54-58	520-540 530-550 560-580	387-430 364-402 321-364	41-45 39-43 35-39	
5ХНТ	830-850		53-58	475-485 Св. 485 до 510 520-540	387-430 364-402 321-364	41-45 39-43 35-39	
5ХНС	850-870		55-59	500-520 510-530 520-540	387-430 364-402 321-364	41-45 39-43 35-39	
5ХВГ	840-860		56-58	240-270 420-450	495-512 430-460	51-52 45-48	
5ХГМ	830-870		Воздух	56-58	500-550 575-625	306-341 269-306	33-37 28-33
			Масло		550-575 575-600 600-625 625-650 650-675	388-451 341-388 321-368 306-341 269-306	41-47 37-41 35-39 33-37 28-33
5ХНМ	830-860		54-58	520-540	387-430	41-45	
5ХГС	840-880	Масло	56-58	550-580 Св. 580 до 610 600-620 Св. 620 до 650	388-451 341-368 321-368 269-306	41-47 37-41 35-39 28-33	
4Х5В2ФС	1060-1080		52-54	570-600	-	45-50	
4Х5В4ФСН	1060-1070		54-56	600-620	-	45-50	
3Х2В8Ф	1120-1140			600-610 640-650	- -	50 55	
4Х3В2ФМ2	1090-1110			610-620 650-660	- -	50 45	
30ХГС 35ХГСА	890-920 870-900	Вода, масло	46-52 48-56	520-660 600-660	277-310 277-310	29-34 29-31	

Продолжение табл. 34

Сталь штампа	Закалка			Отпуск		
	Температура нагрева, °С	Среда охлаждения	Твердость после закалки HRC	Температура нагрева, °С	Твердость после отпуска	
					HB	HRC
5XНСВ	850-870	Масло	55-59	520-540 530-550 550-570	387-430 364-402 321-364	41-45 39-43 15-39
3Х2В8	1050-1100		49-52	600-620	402-475	42-48
4ХВ2С	870-900		52-56	240-270 420-450	512-540 430-460	53-55 46-48
5ХВ2С	870-900 870-900		54-57	240-270 420-450	512-540 430-460	53-55 46-48
6ХВ2С	850-875 850-875		58-60	240-270 420-450	512-540 430-460	53-55 46-48
5ХН2ВФ	830-870 830-870 830-870		Воздух	58 - 60	500-525 525-550 550-575	388-451 341-388 321-368
	830-870 830-870 830-870	500-550 525-550 550-575			306-341 341-388 321-368	33-37 37-41 35-39

35. Температура отжига заготовок штампов для горячей штамповки

Сталь штампа	Температура нагрева, °С	Твердость HB	Сталь штампа	Температура нагрева, °С	Твердость HB
7Х3	780-800	187-229	5ХВ2С	800-820	207-255
8Х3	780-900	207-255	5ХВГ	760-790	197-241
			6ХС	820-840	197-241
4ХС	820-840	197-228	30ХГС	Св. 840	187-228
5ХНТ	760-790	192-235		до 880	
5ХНС	790-810	207-255	35ХГС	840-870	197-228
5ХНВ	760-790	197-241	3Х2В8	820-840	207-255
6ХВ2С	780-800	180-217	4ХВ2С	800-820	197-217
5ХНСВ	Св. 790 до 820	207-255	4Х8В2	Св. 820 до 830	207-255

Термообработка штампов для горячей штамповки

Рекомендуемые режимы термообработки штампов для горячей штамповки приведены в табл. 34. Охлаждение после отжига (температура нагрева указана в табл. 35) проводят с печью со скоростью 40-50 °С/ч до температуры 350-400 °С, а затем на воздухе. При нагреве под закалку детали штампов загружают в печь при температуре до 400 °С. Нагрев до 650 °С выполняют со скоростью до 80 °С/ч. При температуре 650 °С дают выдержку 2,5 ч для штампов массой до 500 кг и 3-4 ч для штампов массой до 1000 кг и более. Дальнейший нагрев до заданной температуры закалки ведут со скоростью 100 °С/ч. Штампы с резкими переходами нагревают с меньшими скоростями. Выдержка при температуре

закалки для малых штампов должна быть не менее 5,5 ч; для средних и крупных – 8-9 ч. Для сокращения времени закалки штампов применяют изотермическую закалку.

Перед установкой в печь боковые поверхности штампа с обработанными ручьями обмазывают огнеупорной глиной с асбестом, а зеркало штампа и фигуру засыпают отработанным карбюризатором или прокаленной чугунной стружкой, а затем обмазывают глиной и асбестом. Малые штампы укладывают фигурой вниз на поддон со слоем отработанного карбюризатора толщиной 35-40 мм. Время выдержки на каждые 25 мм наименьшей толщины штампа определяют из условий: при нагреве в газовой печи малолегированной стали 35-40 мин, стали 3Х2В8, 4Х8В2, 7Х3 и 8Х3 40-50 мин; при нагреве в электрической печи 50-60 мин.

Перед закалкой штампы тщательно очищают от остатков карбюризатора, обмазки и окалины. При закалке штампов в масле не следует допускать их полного охлаждения до нормальной температуры. Крупные штампы охлаждают в масле до 100-150 °С и немедленно помещают в печь для отпуска. Задержка в выполнении отпуска может привести к образованию трещин. Продолжительность отпуска после закалки штампов определяют из расчета на каждые 25 мм наименьшей толщины штампа: для доэвтектоидных сталей (40С, 30ХГС, 35ХГС, 4ХВ2С и др.) 40-45 мин, для заэвтектоидных – 50-60 мин. Скорость нагрева устанавливают не более 50 °С/ч. После проведения общего отпуска штампов хвостовики подвергают дополнительному отпуску для снижения их твердости. Хвостовики штампов из стали 5ХНТ отпускают при температуре 700-720 °С, нагрев ведут на специальных плитах или в специальных печах. После нагрева и выдержки при указанной температуре штампы охлаждают с печью до температуры 350-500 °С. Последующее охлаждение ведут на воздухе.

Для увеличения эксплуатационной стойкости штампового инструмента наряду с обычной закалкой на заданную твердость рабочая поверхность инструмента подвергается дополнительной закалке с нагревом ТВЧ со скоростью нагрева 20-150 °С/с. В этом случае температура выше обычной технологической температуры на 100-150 °С, твердость поверхности повышается на 5-8 единиц. Микроструктура поверхности – мелкоигльчатый мартенсит, что обеспечивает высокие механические свойства и повышенные эксплуатационные качества инструмента.

В процессе высокочастотной закалки на поверхности инструмента формируются внутренние сжимающие напряжения, совпадающие по направлению с напряжениями, возникающими при штамповке и обеспечивающими высокую прочность инструмента. Напряжения, возникающие на границе закалки ТВЧ и объемной закалки, оказывают растягивающие действия, что обеспечивает упругую деформацию инструмента при штамповке. Дополнительную поверхностную закалку ТВЧ применяют для различного инструмента – пуансонов, вставок, прижимов, изготовленных из специальных штамповых сталей (4Х5МФС, 40ХСМФ, 4Х2МГФ – для горячей штамповки и ШХ15, Х12 – для холодного деформирования).

Стойкость штампов для объемной штамповки крупногабаритных изделий из титановых сплавов и высокопрочных сталей может быть увеличена при использовании следующего метода [а. с. 926042 (СССР)]. Предварительно на

рабочей поверхности штампа выполняют компенсационные уклоны. Циклическое нагружение длительностью 5-15 с осуществляют при интенсивности напряжений 150-250 МПа. Между циклами нагружения проводят корректирование гравюры штампа.

Циклическое нагружение (12-15 циклов) до корректирования гравюры штампа проводят при температуре 450-500 °С; нагружение после корректирования гравюры штампа – при температуре 350-450 °С в процессе эксплуатации штампа.

Предварительное нагружение штампа выполняют специальной заготовкой, нагретой до 700-800 °С, которая плотно прилегает к рабочей поверхности штампа.

Для отвода теплоты от штампа в процессе его эксплуатации (с целью поддержания температуры штампа в пределах 350-450 °С) опорные поверхности штампа и опорной плиты профилируют, увеличивая площадь контакта, а на поверхность раздела кладут тонкий пластичный лист металла с хорошей теплопроводностью, например, тонкий лист технической меди. Циклическое нагружение штампа осуществляют при температуре 450-500 °С, так как при температуре ниже 450 °С штамп при интенсивности напряжений $G_i < 600$ МПа находится в упругом состоянии и его упрочнение не происходит. При температурах выше 500 °С и $G_i > 250$ МПа наблюдается явление кратковременной ползучести, в результате которой уровень накопленных в процессе тренировки штампа остаточных напряжений снижается и не происходит упрочнения штампа (при рабочих нагружениях штамп находится в упругопластическом состоянии).

Заготовку для штампа, имеющую конфигурацию готового изделия, но с компенсационными уклонами, изготавливают из жаропрочных сплавов, например, из ЖС6-К или ХН77ТЮР. В тех случаях, когда не удается сделать заготовку монолитной, ее изготавливают из составных частей. Температура заготовки должна быть не менее 700-800 °С, поскольку при подстывании поверхности штампа и наличии термосопротивления на поверхности контакта при циклическом нагружении температура рабочей поверхности штампа не будет превышать 500 °С. Затем размеры гравюры корректируют в соответствии с полученной расчетной конфигурацией. При этом происходит перераспределение остаточных напряжений, так как часть металла удаляется. Поэтому сразу после первого нагружения штампа проводят второе. После каждой штамповки проверяют профиль гравюры и конфигурацию получаемого изделия. В случае необходимости после 5-10 штамповок проводят повторное корректирование гравюры штампа.

Вместе с гравюрой штампа обрабатывают его опорную поверхность – делают ее волнистой (в плоскости сечения, нормальной к опорной поверхности, должна получаться синусоидальная кривая). Таким же образом обрабатывают и сопрягаемую поверхность опорной плиты. На поверхность раздела кладут тонкий лист технической меди или алюминия. Через такой лист теплота, образующаяся при работе штампа, легче отводится от него. Предлагаемый способ упрочнения штампов выгоден при производстве крупногабаритных штампованных заготовок типа лонжеронов, дисков и других аналогичных изделий, когда нецелесообразны иные способы упрочнения.

Для увеличения стойкости рабочих элементов вырубных штампов из сталей У8 и У10А первую закалку проводят в масле при температуре нагрева 1200 ± 10 °С. Для предотвращения роста аустенита нагрет до температуры закалики проводят в

расплаве соли хлористого бария, в ванне. После закалки осуществляют отпуск при температуре 450 °С. Вторую закалку выполняют по обычному для углеродистых сталей режиму: закалка от температур 800-820 °С, затем низкий отпуск при температуре 180-200 °С. Твердость рабочей поверхности вырубного штампа после двойной закалки 57-59 HRC. Структура стали после двойной закалки с промежуточным отпуском представляет собой мелкоигльчатый отпущенный мартенсит. Двойная закалка с промежуточным отпуском увеличивает стойкость вырубных штампов по сравнению со стойкостью штампов, обработанных по общепринятому режиму.

Термообработка сталей в контролируемых атмосферах

При нагреве металла в контролируемой атмосфере исключаются его окисление и обезуглероживание, появляется возможность назначить меньшие припуски на последующую обработку резанием, исключаются операции очистки поверхности после термообработки для устранения оксидов, достигается экономия металла до 3% массы помещаемой в печь партии заготовок,

Газ	Химическая формула	Действие на сталь	Газ	Химическая формула	Действие на сталь
Кислород Углеродистый газ Водяной пар	O ₂ CO ₂ H ₂ O	Окисляющее	Оксид углерода Метан	CO ₂ CH ₄	Науглероживающее
Оксид углерода Водород Метан	CO H ₂ CH ₄	Восстанавливающее	Аммиак	NH ₃	Азотирующее
Углеродистый газ Водяной пар	CO ₂ H ₂ O	Обезуглероживающее	Азот Аргон Гелий	N ₂ Ar He	Нейтральное

37. Температура воспламенения газовых компонентов

Газ	Предельно допустимое содержание газа в смеси воздух – газ, %	Температура воспламенения смеси, °С
Метан	5,00-15,00	650-705
Пропан	2,37-9,50	518
Оксид углерода	12,50-74,20	643-658
Водород	4,00-74,20	580-590

Регулирование состава контролируемой атмосферы может осуществляться по точке росы. В табл. 39 даны сведения о температуре точки росы для различного содержания H₂O в газах.

При оценке факторов, влияющих на эффективность теплообмена лучеиспусканием, следует учитывать, что при нагреве в контролируемой атмосфере сталь со светлой поверхностью воспринимает почти в 2 раза меньше лучистой энергии, чем сталь с окисленной поверхностью. Поэтому при прочих равных условиях детали нагреваются дольше, чем в печах с окислительной атмосферой.