

Рис. 19. Влияние времени выдержки τ и температуры на глубину δ карбонитридного слоя:
а – для стали P18; *б* – для стали P6M5;
в – для стали P9K5

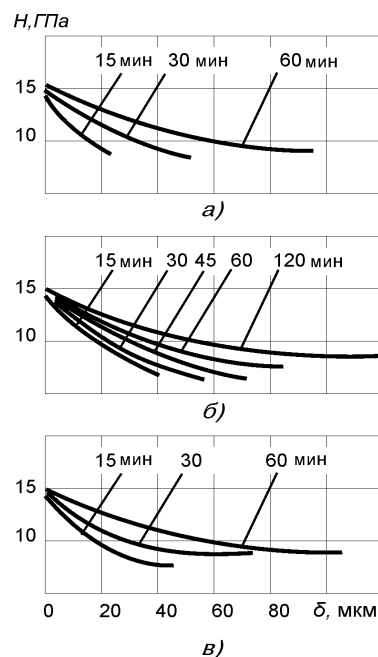


Рис. 20. Изменение микротвердости H по глубине δ карбонитридного слоя в стали 9K5 при температурах:
а – 540 °C; *б* – 560 °C; *в* – 580 °C

Насыщение азотом

Азотирование – процесс насыщения поверхности стали азотом. Азотированию подвергают преимущественно технологическую оснастку, изготовленную из легированных сталей 3X2B8Ф, X12, X12Ф1, 7X3, 38X2MЮА, 20X и 30X, для получения высокой поверхностной твердости и износостойкости. Азотирование проводят в шахтных электрических печах сопротивления с герметичным муфелем из жаростойкой стали, снабженными вентилятором и трубками для ввода и вывода газов.

Технологическую оснастку, в том числе инструменты, а также детали машин перед азотированием улучшают, обрабатывают резанием и очищают от продуктов коррозии и грязи. Перед загрузкой в муфель азотируемые детали обезжиривают. Особо ответственные изделия, например пресс-формы для литья пластмасс, перед азотированием фосфатируют. Мелкую оснастку подвешивают в муфеле печи на мягкой стальной проволоке диаметром 0,5-1,0 мм; крупную – устанавливают на металлическую подставку на дно муфеля. Необходимо следить, чтобы рабочие поверхности деталей не соприкасались. Укладывать и подвешивать изделия следует осторожно, без ударов.

Герметичность муфеля проверяют, пропуская через него аммиак под давлением 3,5-5,0 кПа. Для этого включают печь, нагревают ее до 100 °C, затем впускают аммиак. После выхода аммиака из печи и прохождения его через бутылку, заполненную водой, измеряют давление водяным манометром. Замеры проводят в течение

ние всего процесса; избыточное давление должно быть 2-4 кПа. Степень диссоциации аммиака контролируют по диссоциометру. Температуру регулируют автоматически потенциометром. Рабочая температура азотирования 500-570 °С; продолжительность выдержки в зависимости от требуемой глубины слоя и температуры процесса задают из расчета 15 ч на 0,1 мм азотированного слоя. Продолжительность процесса азотирования быстрорежущего инструмента приведена в табл. 19; средняя скорость азотирования в зависимости от температуры процесса и глубины азотирования – в табл. 20; режимы термической обработки некоторых сталей перед азотированием – в табл. 21; оптимальные режимы азотирования – в табл. 22. Степень диссоциации аммиака зависит от температуры процесса. При 500-520 °С степень диссоциации аммиака составляет 18-25%; при 530-550 °С – 25-40%.

На рис. 21 показана зависимость продолжительности формирования азотированного слоя от температуры процесса и влияния легирующих элементов на глубину и твердость азотированного слоя. После азотирования проводят замедленное охлаждение вместе с печью до температуры 300-350 °С при сохранении подачи аммиака. Твердость азотированной технологической оснастки достигает 450-1000 HV при глубине слоя 0,15-0,55 мм. Если азотированию подвергают не всю поверхность оснастки, то элементы, не подлежащие азотированию, покрывают слоем олова или меди толщиной 0,01-0,15 мм.

После азотирования детали подвергают внешнему осмотру. Определяют величину коробления, измеряют поверхностную твердость по Виккерсу (нагрузка 100 или 300 Н) или по Супер-Роквеллу (нагрузка 100 или 150 Н), измеряют глуби-

19. Продолжительность азотирования быстрорежущего инструмента в смеси аммиака (20-40%) и науглероживающего газа (60-80%) при 550-560°С

Инструмент	Диаметр или толщина инструмента, мм	Выдержка, ч
Сверла, зенкеры, развертки	До 15	1,0-1,5
	15-25	1,5-2,0
	25-30	2,0-3,0
Метчики	До 16	0,5-1,0
	15-25	1,0-1,5
	25-50	1,5-2,0
Резьбовые фрезы: с шлифованным зубом	25-50	1,0-1,5
	Св. 50	1,5-2,0
с нешлифованным зубом	25-50	1,5-2,0
	Св. 50	2,0-2,5
Фрезы цилиндрические, фасонные и торцовые	До 50	1,0-1,5
	50-75	1,5-2,0
	Св. 75	2,0-2,5
Резцы: дисковые	До 10	1,0-1,5
	Св. 10	1,5-2,0
круглые	До 5	1,0-1,5
	5-15	1,5-2,0
тангенциальные	10X10	1,5
	25X25	2,0

20. Средняя скорость азотирования

Глубина слоя, мм	Скорость азотирования (мм/ч) при температуре, °С		
	500	550	600
До 0,2	0,020	0,040	-
0,2-0,4	0,015	0,030	0,06
0,4-0,6	0,010	0,020	0,03
0,6-0,8	-	0,015	0,02

21. Режимы термической обработки перед азотированием

Сталь	Температура нагрева (°С) и среда		Твердость НВ
	При закалке	При отпуске	
38Х2МЮА	940, в масле или теплой воде	600-670, в масле или воде	302-341
30Х3МФ	880, в масле	580-620, на воздухе	285-321
40ХН2МА	850, » »	580-600, то же	302-341
30ХН2МА	850, » »	540-560, »	302-341
30ХН2МФА	900, » »	580-650, »	302-341
18Х2Н4МА	850-870, в масле или на воздухе	530-550, »	302-341
12Х13	1000-1050, в масле	680-780, в масле	302-341
20Х13	1000-1050, » »	600-700, в масле или в воде	179-241
11Х11Н2В2МФ	1000-1020, в масле или на воздухе	660-710, на воздухе	241-341
10Х11Н20ТЗР	1000, в масле	-	269-321
45Х14Н14В2М	Нормализация 3-5 ч, на воздухе	750, то же	302-388
		-	179-269

22. Оптимальные режимы азотирования стали

Сталь	Температура нагрева, °С	Продолжительность выдержки, ч	Глубина слоя, мм	Номинальная твердость поверхности HV 100
Х12Ф1	510	25	0,15-0,20	900-1000
Х12Ф1	510	55	0,20-0,30	900-1000
4Х8В2	510	36	0,30-0,35	900-1000
3Х2В8Ф	560	65	0,45-0,55	700-750
7Х3	500-520	48-60	0,40-0,50	1000-1100
38Х2МЮА	510 для первой ступени 550 для второй ступени	15 25	0,5-0,6	850-1000
18Х2Н4МА	490-510	40-50	0,35-0,40	750-850
40ХН2МА	510 для первой ступени 540 для второй ступени	25 35	0,5-0,6	600
30Х3МФ	560	24	0,5	900-950
30ХН2МФА	510 для первой ступени 540 для второй ступени	25	0,5-0,6	750
40ХН2МА 38Х2Н2МА 38ХН3МФА	500-520	50-60	0,5-0,6	640-700

Продолжение табл. 22

Сталь	Температура нагрева, °С	Продолжительность выдержки, ч	Глубина слоя, мм	Номинальная твердость поверхности HV 100
40X2H2MA 30XH2MФА 38XH3MФА	510 для первой ступени 540 для второй ступени	25 30	0,6-0,7	До 640 До 700
30X3MФ	500-525	60-80	0,35-0,55	750-800
10X13	500 для первой ступени 550 для второй ступени 600 для третьей ступени	48	0,14-0,16 0,25-0,30 0,35-0,40	1000-1050 900-950 800-850
20X13	500 для первой ступени 550 для второй ступени 600 для третьей ступени	48	0,10-0,12 0,25-0,30 0,30-0,40	1000-1050 900-950 780-830
15X11MФ	530 для первой ступени 580 для второй ступени	10 20	0,35-0,40	900-950
12X18H9T 18X18H10T	560	50-60	0,2-0,25	1000-1100
40X 18XГТ	500 510	48 24	0,50 0,25	450 630-720

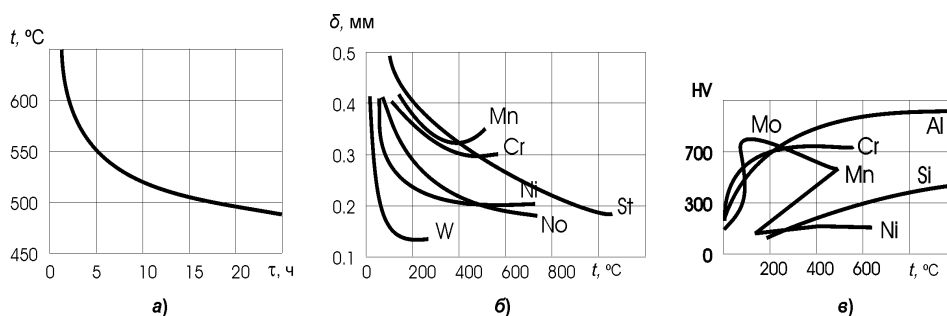


Рис. 21. Зависимость продолжительности формирования азотированного слоя одной и той же глубины от температуры нагрева (а) и влияние легирующих элементов на его глубину (б) и твердость (в)

ну слоя и его хрупкость по отпечатку пирамиды прибора Виккерса. Газовую среду в печи контролируют с помощью манометра, диссоциометра и счетчика для контроля расхода аммиака.

Быстрорежущие стали подвергаются жидкостному, газовому и твердому азотированию. Важным условием качественного азотирования является правильное проведение исходной термической обработки инструмента, надлежащей очистки его поверхности, отсутствие обезуглероживания. Быстрорежущие стали с большим содержанием W склонны к выкрашиванию после азотирования. Наиболее пригодны для азотирования Mo-, и W-Mo-содержащие стали. Азотирование быстрорежущей стали повышает твердость до 1300 HV; в сталях с высоким содержанием V – до 1500 HV. Для режущего инструмента предпочтительна микротвердость 1100 HV.

При жидкостном азотировании оптимальные результаты получают при 570 °С и продолжительности процесса до 15 мин. Выдержку при азотировании сверл, разверток зенкеров при температуре 570 °С определяют из расчета 0,5 мин на 1 мм сечения; при температуре 540 °С – 0,7 мин на 1 мм сечения. Азотирование инструмента для нарезки резьбы в бакелите повышает его стойкость на 50-70%; инструмента для нарезки резьбы в пластмассе, армированной стекловолокном, – в 3-4 раза. Азотирование спиральных сверл диаметром более 2 мм также повышает их стойкость. Азотированию подвергают дисковые пилы толщиной более 0,4 мм. Жидкостное азотирование постепенно вытесняет газовое азотирование инструмента из быстрорежущей стали.

Твердое азотирование инструмента из быстрорежущей стали не дало положительных результатов.

При газовом азотировании особое внимание следует обратить на качественное проведение депассивации поверхности (в 20%-ной HCl с последующей промывкой в нейтрализаторе), тщательное выдерживание продолжительности циклов процесса и степени диссоциации насыщенного газа (аммиака). Для повышения стойкости штампов и деталей пресс-форм, работающих в условиях интенсивных температурно-силовых нагрузок, применяют газовое азотирование при повторении циклов вакуумирования и подачи реагирующего газа. Изделие нагревают в вакууме до 570 °С, после чего подают реагирующий газ. По окончании выдержки в течение 10 мин печь вакуумируют и повторяют циклы в указанной последовательности 120 мин. Это повышает стабильность и воспроизводимость результатов азотирования по глубине и механическим свойствам получаемого слоя, но не позволяет увеличить глубину слоя, которая остается в пределах 0,012-0,20 мм.

Для увеличения глубины азотированного слоя и сокращения длительности процесса при азотировании инструментальных сталей, преимущественно штампового назначения, может быть использован способ по а. с. 775175 (СССР).

При азотировании деталей из инструментальных сталей выдержку в насыщающей среде ведут в течение 30-60 мин, а затем в инертной среде, например в аргоне, 20-40 мин при температуре на 100-150 °С выше температуры насыщения. Выдержку в насыщающей среде и инертном газе последовательно повторяют 2-5 раз и заканчивают обработку в насыщающей среде.

Первоначально в среде насыщающего газа при температуре азотирования 580 °С образуется слой ненасыщенного раствора, толщина которого увеличивается со временем. В насыщающей среде изделие выдерживают при температуре азотирования 30-60 мин. При меньшем времени выдержки применительно к штамповым сталям не удастся достигнуть глубины азотирования слоя более 0,12-0,15 мм. Верхний предел времени насыщения выбирают из условия образования на поверхности хрупкой ϵ -фазы, появление которой резко тормозит диффузию азота вглубь. При принятых для инструментальных сталей температурах азотирования образование ϵ -фазы начинается через 60 мин. Дальнейшая выдержка в насыщающей среде нецелесообразна, так как глубина упрочненного слоя практически не увеличивается. Однако прочность его снижается в результате образования на поверхности хрупкой ϵ -фазы. Поэтому насыщающую атмосферу заменяют инертным газом. Благодаря большой подвижности азота в α -фазе диффузия на этом этапе протекает даже при малой его концентрации.

В инертной среде изделие выдерживают 20-40 мин (оптимальная выдержка) при температуре на 100-150 °С выше температуры азотирования. Такое повыше-

ние температуры наиболее целесообразно, так как повышается коэффициент диффузии в α -фазе примерно в 5-6 раз. При увеличении температуры более чем на 150 °С возможно снижение твердости диффузионного слоя. Указанной ранее выдержки при повышенной температуре в инертной среде достаточно, чтобы обеспечить увеличение (примерно в 2-2,5 раза) глубины азотированного слоя по сравнению со слоем, полученным после азотирования при температуре 580 °С без последующей выдержки в аргоне.

Выдержку в насыщенной среде и инертном газе последовательно повторяют 2-5 раз и заканчивают обработку в насыщающей атмосфере. При такой схеме процесса нитридная сетка, состоящая из γ - и ε -фаз, дробится. Это ведет к измельчению нитридов и увеличению интенсивности проникновения азота в раствор из насыщающей атмосферы.

Увеличение циклов выдержки до числа более 5 нецелесообразно, так как это не способствует существенному возрастанию глубины азотированного слоя.

Пример. Плоские образцы из стали 4ХЗВМФ обрабатывают в шахматной печи типа СШОЛ. В качестве насыщающей среды используют аммиак, в качестве инертной среды – аргон. Азотирование проводят при 580 °С с выдержкой 40 мин. Затем насыщающую среду заменяют аргоном и выдерживают образцы при 680 °С в течение 20 мин. Циклы выдержки в среде насыщающего и инертного газов повторяют 3 раза. Процесс заканчивают в насыщающей атмосфере. Образцы охлаждают вместе с печью до 200 °С. Общая длительность процесса составляет около 3,5 ч. Глубина диффузионного слоя равна 0,285 мм, твердость поверхности 950-1000 HV.

Несмотря на достаточно высокие результаты, достигаемые при использовании приведенного способа газового азотирования инструментальных сталей, при этом способе не исключается возможность образования хрупкой ε -фазы, которая даже в небольшом количестве резко тормозит диффузию азота и препятствует увеличению глубины упрочненного слоя.

С целью интенсификации процесса азотирования и повышения качества азотированного слоя используют способ, изложенный в а. с. 901363 (СССР).

При газовом азотировании деталей из инструментальных сталей поочередную выдержку в насыщающей среде и инертном газе, например аргоне, ведут с последовательным уменьшением длительности операций. Причем соотношение между длительностями последующей и предыдущей выдержек поддерживают равным 0,5-0,85.

На этапе первой выдержки в насыщающей среде при температуре азотирования 580 °С образуется слой ненасыщенного α -раствора, толщина которого увеличивается с течением времени. Верхний предел времени насыщения выбирают из условия образования на поверхности хрупкой ε -фазы, появление которой резко тормозит диффузию азота. Степень насыщения α -раствора азотом возрастает в период первой выдержки. Поэтому длительность последующих выдержек следует уменьшить. В противном случае, т. е. при сохранении равной длительности выдержек, возможно возрастание степени концентрации азота в α -растворе до величины, соответствующей появлению ε -фазы. Кроме того, повышение содержания азота в слое способствует сохранению остаточного аустенита после закалки, что также снижает качество слоя.

Продолжительность каждой выдержки в насыщающей среде 30-60 мин. Циклы выдержки повторяют 2-5 раз.

Если соотношения длительной последующей и предыдущей выдержек меньше 0,5, то интенсивность азотирования снижается и за две-пять выдержек не удастся создать желаемую глубину азотированного слоя, т. е. 0,25-0,30 мм. Если длительность последующей выдержки снижается незначительно и соотношение длительностей поддерживается более 0,85, то качество азотированного слоя ухудшается в результате появления ε -фазы и снижения микротвердости.

Пример. Азотирование инструментальных штамповых сталей типа 4ХЗВМФ проводят при 580 °С. После замены насыщающей среды аргоном температуру повышают до 680 °С. При этой температуре образцы выдерживают 20 мин. Циклы выдержки в среде насыщающего и инертного газов повторяют 2-3 раза. Процесс заканчивают в насыщающей атмосфере. Образцы охлаждают вместе с печью до 200 °С.

В результате азотирования получают: максимальную глубину слоя 0,325 мм, микротвердость 1000-1100 НV. Если соотношения длительностей последующей и предыдущей выдержек в насыщающей среде менее 0,5-0,85, то глубина азотированного слоя уменьшается до 0,178 мм. Ухудшается его качество. Поверхностная микротвердость снижается до 950 НУ (табл. 23).

Способ позволяет интенсифицировать процесс азотирования, достичь большей глубины азотированного слоя без увеличения длительности процесса. Время азотирования равно 120-122 мин. Сокращается общее время выдержки в насыщающей среде, необходимое для получения азотированного слоя заданной толщины. Общее время азотирования сокращается примерно на 30%.

Дальнейшую интенсификацию процесса азотирования и увеличение твердости азотированного слоя (преимущественно в инструментальных сталях штампового назначения) можно обеспечить термоциклированием непосредственно перед закалкой с нагревом до 1200-1250 °С и охлаждением в масле при совмещении отпуска с азотированием [а. с. 821512 (СССР)].

При этом способе химико-термической обработки инструментальных сталей, состоящем в закалке с понижением температуры, отпуске и азотировании, перед закалкой проводят термоциклирование с нагревом до 1200-1250 °С и охлаждением в масле, а отпуск совмещают с азотированием. Закалку проводят с пониженной температуры 970-1070 °С. Число циклов при термоциклировании выбирают равным трем-пяти в зависимости от марки стали.

Термоциклирование интенсифицирует процесс растворения карбидов и обеспечивает высокую концентрацию легирующих элементов в перенасыщенном α -твердом растворе термообработанной стали. Повышение легированности твердого раствора способствует увеличению растворимости азота в α -фазе, что

23. Сравнительные результаты газового азотирования стали 4ХЗВМФ при различной длительности цикла насыщения

Число выдержек	$t_{нас}$, МИН	t_{Ar} , МИН	δ_N , мм	HV поверхности
2	50-20	20	0,178	950
3	50-40-32	20	0,325	1000-1100
3	40-36-32	20	0,235	950-980
2	50-35	20	0,282	1000-1100

Условные обозначения: $t_{нас}$ – длительность выдержки в настоящей среде; t_{Ar} – длительность выдержки в аргоне; δ_N – глубина азотированного слоя.

служит одной из основных причин повышения твердости. Повышение растворимости азота в α -фазе тормозит образование на поверхности слоя хрупких высокоазотистых фаз, тем самым способствует повышению прочности.

Термоциклирование увеличивает количество дефектов кристаллической решетки, что облегчает диффузию, активизирует процесс азотирования и обеспечивает увеличение толщины диффузионного слоя.

Нагрев до температуры отпуска и длительная выдержка в процессе азотирования позволяют создать необходимые физико-механические свойства основного металла упрочняемого изделия. В результате 3-5-кратного термоциклирования происходит полная диссоциация карбидов и насыщение α -твердого раствора легирующими элементами. Например, термоциклирование сталей типа 4ХЗВМФ и 4Х4ВМФС осуществляют с нагревом до 1250 °С в каждом цикле, выдержкой в течение 6 мин и охлаждением в масло. После термоциклирования выполняют закалку с нагревом до 970 °С и охлаждением в масло. Затем проводят азотирование в среде диссоциированного аммиака при температуре (56±10) °С в течение 10 ч. В результате такой обработки глубина диффузионного слоя достигает 278-326 мкм, микротвердость у поверхности 1168 НВ, на глубине 25-30 мкм 920-824 НВ.

Жидкостное цианирование – обработка, которой подвергают детали машин и технологическую оснастку (в том числе, инструменты, изготовленные из быстрорежущих сталей Р18, Р9, Р9Ф5, Р9К5, Р6М3 и высокохромистых легированных сталей Х12, Х12Ф, Х12Ф1, Х12М, Х12ФТ) после окончательной обработки резанием. При цианировании происходит одновременное насыщение поверхностного слоя азотом и углеродом. Различают три способа цианирования: низкотемпературное при 540-580 °С, среднетемпературное при 820-860 °С и высокотемпературное при 920-960 °С. Цианирование на небольшую глубину (0,15-0,5 мм) осуществляют при нагреве изделия в среде цианирования до температуры 840-870 °С в течение 0,5-2 ч с последующей закалкой (непосредственно из ванны цианирования). Для увеличения глубины цианирования процесс проводят при температуре 900-950 °С в течение 2-6 ч. С целью повышения твердости, теплостойкости и противозадирных свойств изделия осуществляют низкотемпературное цианирование при 560-580 °С. Цианирование проводят в соляных (с наружным электрообогревом) или электродных печах-ваннах. Составы сред ванн приведены в табл. 24-28.

Цианат натрия готовят из кальцинированной соды NaCO_3 и мочевины $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. Для этого кальцинированную соду смешивают с мочевиной в пропор-

24. Состав сред для ванн при низкотемпературном цианировании

Номер состава	Содержание компонентов в среде, % (мас. доля)							Температура плавления, °С
	NaCN	KCN	$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$	Na_2CO_3	NaCl	KON	CaCl_2	
1	50	50	-	-	-	-	-	490
2	96-98	-	-	4-2	-	-	-	550
3	60	-	-	40	-	-	-	420
4	50	-	-	32	18	-	-	515
5	30	-	-	45	25	-	-	535
6	-	-	90	-	-	10	-	500
7	-	-	75	-	-	25	-	490
8	-	-	3	-	65	-	32	520

25. Состав бесцианистых сред для ванн при жидкостном азотировании

Номер состава	Содержание компонентов в среде, % (мас. доля)			Температура, °С	
	NaNO ₂	NaNO ₃	KNO ₃	Плавения	Рабочая
1	45	-	55	137	150-500
2	45	55	-	221	250-550
3	-	100	-	317	325-600
4	-	-	100	337	350-600

26. Составы сред для ванн при среднетемпературном цианировании

Номер состава	Содержание в среде компонентов, % (мас. доля)						Примечание
	Активных		Неактивных				
	NaCN	Циансплав	NaCl	BaCl ₂	CaCl ₂	Na ₂ CO ₂	
1	55-60	-	25	-	-	15	Поставляется в виде готового состава
2	30	-	70	-	-	-	-
3	30	-	40	-	-	30	Допускается применять технический NaCN
4	-	10	35	-	55	-	-
5	-	10	45	45	-	-	-

27. Составы сред для ванн при высокотемпературном цианировании

Номер состава	Содержание в среде компонентов, % (мас. доля)					
	Активных		Неактивных			
	NaCN	Циансплав	NaCl	CaCl ₂	BaCl ₂	Na ₂ CO ₃
1	50	-	15	-	35	-
2	45	-	8	-	47	-
3	8,5-14	-	25-30	-	55-60	1,0-1,5
4	12-20	-	5-8	-	75-80	-
5	-	10	40	50	-	-

ции 1 : 1,5, засыпают в тигель, предварительно подогретый до 600-700 °С, и расплавляют (температура плавления цианата натрия 550-570 °С). По мере оседания расплава в тигель добавляют сухую смесь. Во избежание выброса не следует насыпать смесь на зеркало расплавленной ванны и перемешивать ее до полного расплавления. Смесь следует добавлять при выключенной печи и появления корочки на поверхности расплава. После расплавления смесь сливают в противни слоем толщиной не более 30-40 мм.

Для закрепления деталей в процессе цианирования и при переносе их для закалки, промывки и других операций применяют специальные приспособления (рис. 22).

28. Составы высокоцианистых сред для ванн на основе мочевины (карбамида), применяемых для цианирования

Составы сред, % (мас. доля)			Температура устойчивой работы ванны, °С	Область применения
В исходном состоянии в момент загрузки	Рабочих	Регенерирующих		
(NH ₂) ₂ CO 55 (K ₂ CO ₃) 45	KCNO 65-75 K ₂ CO ₃ 25-35 KCN до 1	K ₂ CO ₃ 45 (NH ₂) ₂ CO 55 (температура регенерации 350-360 °С)	560-580	-
(NH ₂) ₂ CO 55 Na ₂ CO ₃ 45	NaCNO 20-40 NaCN 12-20 Na ₂ CO ₃ 50-60	15% свежей смеси карбамида и соды в соотношении 55:45, или 10% цианата натрия (через каждые 8 ч работы), или 4% карбамида через каждые 2 ч работы	560-580	Для обработки конструкционных сталей
(NH ₂) ₂ CO 40 NaCO ₃ 48 NaCl 12	-	4% карбамида или 3% цианата натрия через каждые 2 ч работы	-	Для обработки быстрорежущих сталей
NaCNO 25-35 KCl 28-40 Na ₂ CO ₃ 25-35	- - -	- - -	- - -	- - -
KCNO 60-75 K ₂ CO ₃ 25-40	KCNO 60-75 K ₂ CO ₃ 25-40 До 1 KCN	- - -	- - -	Для обработки конструкционных сталей

Примечание. (NH₂)₂CO – карбамид; K₂CO₃ – углекислый калий (поташ); Na₂CO₃ – углекислый натрий; NaCNO и KCNO – цианаты.

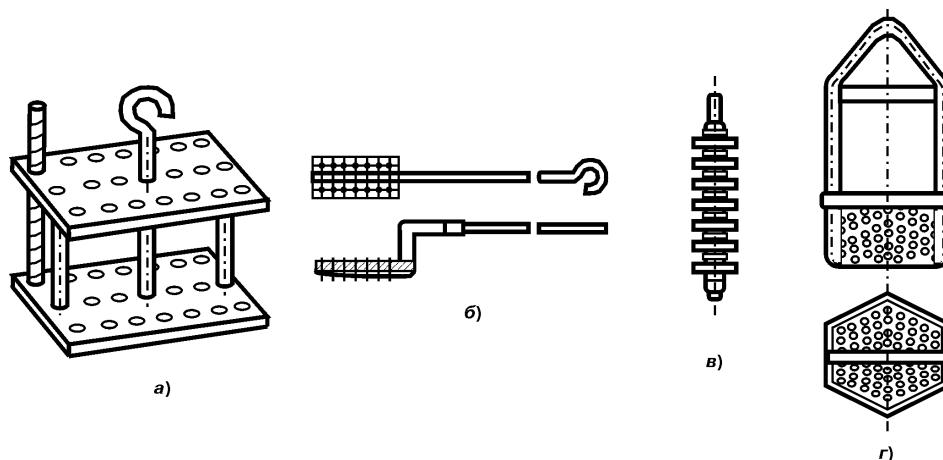


Рис. 22. Приспособления при химико-термической обработке, используемые для закрепления и переноса деталей: а и б – стержневой формы; в – типа дисков (осуществляется защита внутреннего отверстия); г – мелких (сетчатая корзина)

В этих приспособлениях детали находятся в положении, при котором их коробление минимально, а производительность ванны достигает максимального значения. Приспособления не должны деформироваться под действием массы цианируемых деталей, затруднять свободный доступ соли к цианируемой поверхности и препятствовать полному стеканию солей при извлечении деталей из ванн или закреплению деталей на нужном уровне над ванной при их цианировании на всю длину. Время выдержки при цианировании устанавливают в зависимости от формы и размеров деталей или инструмента, а также необходимой глубины цианированного слоя (табл. 29-32).

Перед цианированием детали подвергают обязательному внешнему осмотру. Не допускается наличие заусенцев, забоин и других дефектов поверхности. Для удаления остатков смазочного материала инструменты промывают и тщательно просушивают, так как попадание воды в ванну вызывает опасный выброс солей.

Перед цианированием рекомендуется подогревать цианируемые детали до 300-400 °С. В результате такого подогрева уменьшается коробление, что особенно важно при цианировании инструментов больших размеров и сложной формы. Кроме того, сберегается тепловая энергия ванны, следовательно, сокращается

29. Рекомендуемое время выдержки при низкотемпературном цианировании быстрорежущего инструмента

Инструмент	Диаметр или толщина инструмента, мм	Время выдержки, мин
Сверла, зенкеры, развертки	От 3 до 5 » 20 »30 Св. 30	6 15 От 1 до 23
Метчики	От 5 до 8 » 12 »20 Св. 30	5 10 От 14 до 18
Протяжки	От 5 до 10 » 20 » 30 Св. 30	8 16 От 20 до 25
Фрезы: резьбонарезные с зубьями: шлифованными нешлифованными	От 25 до 50 Св. 50 От 25 до 50 Св. 50	12 15 15 От 18 до 20
червячные и шлицевые с зубьями: шлифованными нешлифованными	От 50 до 75 Св. 75 От 50 до 75 Св. 75	16 От 20 до 35 30 От 40 до 50
цилиндрические, фасонные, торцовые со шлифованными зубьями	До 50 Св. 75	От 10 до 15 » 25 » 30
дисковые	От 1 до 5 » 5 » 15 Св. 15	От 6 до 18 » 12 » 15 » 18 » 23
Фасонные и тангенциальные резцы	-	От 12 до 30

30. Зависимость глубины цианированного слоя от времени выдержки и состава среды ванны при низкотемпературном цианировании

Время выдержки, мин	Глубина слоя (мм) при содержании NaCN, % (мас. доля)		
	90	50	30
5	0,008	0,006	0,006
15	0,020	0,018	0,015
30	0,035	0,030	0,030
45	0,037	0,035	0,035
60	0,045	0,043	0,040

31. Время выдержки при цианировании в составе, содержащем циан

Температура цианирования, °С	Время выдержки, ч	Глубина слоя, мм	Температура цианирования, °С	Время выдержки, ч	Глубина слоя, мм
820	0,5	0,15	900	0,5	0,33
	1,0	0,25		1,0	0,43
	2,0	0,38		2,0	0,60
	4,0	0,60		4,0	0,94
845	0,5	0,20	925	0,5	0,38
	1,0	0,33		1,0	0,51
	2,0	0,45		2,0	0,76
	4,0	0,70		4,0	1,12
870	0,5	0,30	950	0,5	0,4
	1,0	0,38		1,0	0,68
	2,0	0,56		2,0	0,86
	4,0	0,84		4,0	1,35

32. Зависимость глубины цианированного слоя от времени выдержки и высокотемпературных цианистых ваннах

Температура цианирования, °С	Время выдержки, мин	Глубина слоя, мм	Температура цианирования, °С	Время выдержки, мин	Глубина слоя, мм
900	25	0,20-0,25	950	120	0,80-1,00
	45	0,30-0,50		180	1,00-1,20
	90	0,50-0,80		200-360	1,40-1,60

время, необходимое для проведения процесса, и увеличивается производительность ванны. Если инструменты перед цианированием подогревают, то указанная в таблицах выдержка может быть сокращена в среднем на 25%.

Поскольку инструмент подвергают цианированию после окончательной обработки, включая заточку и шлифование, необходимо не только вести технологический процесс, но и осторожно обращаться с инструментом, чтобы не повредить режущие кромки. Для деталей из быстрорежущих сталей температура цианирования 510-550 °С, для деталей из высокохромистой стали типа X12 – 510-520 °С. Повышение температуры приводит к снижению твердости и красно-

стойкости закаленной и отпущенной стали. После того как ванна для цианирования будет окончательно подготовлена к работе (очищена от осадков и пены, доведена до требуемой концентрации солей и до рабочей температуры), в нее загружают детали, подготовленные для цианирования. Так как верхний слой расплава солей имеет несколько пониженную температуру, то загружать детали или инструменты нужно так, чтобы участки, подлежащие цианированию были на 15-20 мм ниже уровня жидкости в ванне.

Число цианируемых деталей в партии назначают так, чтобы при загрузке всей партии температура ванны не снижалась более чем на 50-80 °С. По истечению времени выдержки, предусмотренной технологическим процессом, инструмент извлекают из ванны и удерживают над ней некоторое время, чтобы остатки солей стекли в ванну. Охлаждение извлеченного инструмента до 60-80 °С проводят под колпаком ванны или в вытяжном шкафу, чтобы предотвратить попадание в цех испарений остатков солей. Стержневой инструмент рекомендуется охлаждать в вертикальном положении, остальной – на подставках и в стеллажах, расположив его таким образом, чтобы исключить коробление.

После охлаждения необходимо удалить с изделий остатки солей. При низкотемпературном цианировании применяют соли щелочных металлов, хорошо растворимые в воде. Поэтому инструмент вместе с приспособлением погружают в бак с водой, нагретой до 80-90 °С. В нем остатки соли растворяются. Затем инструменты переносят в другой бак, заполненный 7-10%-ным раствором железного купороса, нагретым до 60-80 °С, где удаляются остатки солей. После выдержки в этом баке в течение 5-10 мин инструмент промывают в проточной воде и просушивают на воздухе или в сушильном шкафу и смазывают для предохранения от коррозии. На рис. 23 показана зависимость глубины цианированного слоя от времени выдержки в составе, содержащем, % (мас. доля): NaCN 20; NaCl 20; BaCl₂ 60.

Твердость цианированной технологической оснастки и инструмента должна быть не ниже 61 HRC_э. Глубина цианированного слоя составляет, мм: 0,001-0,015 для метчиков и резьбонарезных фрез; 0,015-0,02 для сверл, протяжек и разверток; 0,02-0,03 для червячных затылочных фрез; 0,08-0,2 для пресс-форм. Цианированию нельзя подвергать сверла, развертки, зенкеры диаметром менее 3 мм и метчики диаметром мене 5 мм, так как при этом повышается хрупкость их режущих зубьев.

Для контроля качества цианированной технологической оснастки проводят наружный осмотр с целью выявления поверхностных дефектов в виде трещин, за-

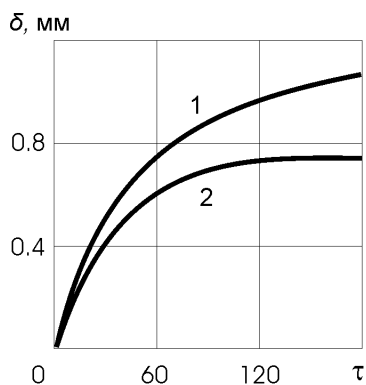


Рис. 23. Зависимость глубины цианирования δ от продолжительности τ процесса при различных температурах: 1 — 940 °С; 2 — 860 °С

боин, остатков налипших солей (контролю подвергают весь обработанный инструмент); для определенного процента инструментов партии определяют: твердость цианированной поверхности с помощью прибора Виккерса при нагрузке 10-50 Н (2-3%), микроструктуру металла (2-3%), биение концевого инструмента (10-15%).

Цианирование твердыми карбюризаторами и пастами

Состав смесей для цианирования в твердом карбюризаторе при температуре 550-570 °С приведен в табл. 33; состав паст и продолжительность выдержки при цианировании сталей приведены в табл. 34 и 35.

Ионное азотирование в тлеющем разряде – способ упрочнения инструмента, заключающийся в обработке (бомбардировании) поверхности заготовки потоком ионов азота. Ионы проникают в поверхностный слой детали на контролируемую глубину – 100-1000 атомных слоев. Процесс проводят в разреженной азотсодержащей атмосфере. Азотируемые изделия подключают к отрицательному электроду (катоде). Анодом служит контейнер установки (печи). Между катодом (изделием) и анодом возбуждается тлеющий разряд. Ионы азота, бомбардируя поверхность изделия, нагревают ее до температуры насыщения.

33. Смесей для низкотемпературного цианирования в твердом карбюризаторе

Номер смеси	Содержание в смеси, % (мас. доля)			
	Древесного угля	Желтой кровяной соли	Карбонатов бария, натрия и калия	Животного угля, роговой или костяной муки
1	60-80	20-40	-	-
2	40-50	15-20	15-20	20-30
3	40-60	20-25	-	-
4	50-70	20-40	5-15	-
5	40-60	-	20-25	20-40

34. Пасты, применяемые при цианировании конструкционных сталей

Компоненты пасты	Содержание компонентов (% мас. доля) в пасте следующего номера				
	1	2	3	4	5
Голландская сажа или мелкозернистый торфяной кокс	40-50	30-60	35	45	40
Карбонаты:					
бария	-	-	15	20	15
натрия или калия	20-40	20-40	20	20	20
Желтая кровяная соль	5-10	5-10	15	15	20
Щавелевокислый натрий или калий	-	5-10	-	-	-
Цианплав	5-10	5-10	-	-	-
Муравьинокислый никель или щавелевокислый кобальт	-	5-10	-	-	-
Феррохром	-	-	15	-	-
Кварцевый песок	-	-	-	-	5