

Насыщение хромом и алюминием

Хромоалитирование применяют как поверхностное упрочнение пресс-форм из сталей типа 4Х5В2ФС для литья под давлением алюминиевых сплавов, которое повышает их стойкость до 15 раз (данные АЗЛК). Стойкость штампов холодного и горячего деформирования из сталей Х12М, 3Х2В8Ф, 5ХНМ увеличивается после хромоалитирования в 3-4 раза (данные ПО “ЗИЛ”). Диффузионное насыщение проводят в смеси, содержащей, % (мас. доля): Cr 38; V 5; Al 7; SiO 25; NH₄C1 2; H₃BO₃ 1; Al₂O₃ 42 в контейнерах с плавким затвором при температурах 980 и 1050 °С. Продолжительность процесса 3-10 ч.

После стандартной термообработки (закалка при 1050 °С, отпуск при 600 °С) в поверхностном слое на глубине до 20 мкм сохраняются напряжения сжатия. Однако в подслое величина растягивающих напряжений значительно уменьшается и составляет лишь 150 МПа. При совмещении процессов диффузионного насыщения и термообработки глубина поверхностного слоя с сжимающими напряжениями увеличивается с 20 до 50 мкм. Защитные покрытия, созданные описанными способами, значительно повышают окалинотойкость поверхности штампов (при 700 °С), причем эффект такого защитного действия сильнее проявляется у низколегированных сталей типа 5ХНМ.

Комплексное насыщение ванадием, титаном, цирконием, вольфрамом, ниобием, серой, алюминием, кремнием

Ванадирование применяют при изготовлении инструментов из малолегированных быстрорежущих сталей; процесс выполняют в порошковых смесях, содержащих, например, следующие компоненты, % (мас. доля): феррованадий 60; хлористый аммоний 7; оксид алюминия – остальное.

Недостатком состава является малая глубина образуемого диффузионного слоя, не позволяющая производить заточку инструмента. Повышение износостойкости, прочности, пластичности и режущей стойкости инструмента может быть обеспечено использованием состава по а. с. 533670 (СССР). В соответствии с ним диффузионное ванадирование проводят в смеси следующего состава (%): древесноугольный карбюризатор 10-20; феррованадий 35-45; хлористый аммоний 0,5-2; оксид алюминия – остальное.

Процесс диффузионного насыщения и упрочнения осуществляют, нагревая инструмент до 1040-1050 °С в порошковой смеси, содержащей 16% свежего карбюризатора, 40% феррованадия, 1% хлористого аммония, оксид алюминия – остальное. Частицы феррованадия размельчают до грануляции 0,1-0,4 мм, смесь тщательно перемешивают и засыпают в ящик слоем 20-30 мм, на который укладывают инструмент. Затем насыпают следующий слой смеси толщиной в 20-30 мм, укладывают новый ряд деталей и т. д. Ящик герметизируют шамотной глиной. После окончания времени выдержки (6 ч) ящик охлаждают на спокойном воздухе до нормальной температуры и затем разбирают. Глубина диффузионного слоя в обработанных деталях составляет 1,4-1,6 мм.

После такой диффузионной обработки инструмент подвергают закалке с 900 °С и отпуску при 150 °С (режим обработки на первичную твердость). После диффузионного насыщения покрытия на деталях из быстрорежущих сталей Р18, Р12, Р6МЗ имеют следующие свойства: твердость поверхности 48-51 HRC

(после закалки при 900 °С 67-70 HRC; после отпуска при 150 °С 67-70 HRC); механические свойства повышаются на 20-40%, износостойкость увеличивается на 50-100%, стойкость режущего инструмента – в 2-5 раз.

Применение смеси указанного состава при изготовлении рабочих деталей штампов и пресс-форм из инструментальных сталей углеродистых или легированных не обеспечивает стабильного создания необходимых свойств изделия и, в первую очередь, твердости поверхности, износостойкости и эксплуатационной стойкости из-за малой легированности этих сталей по сравнению с быстрорежущими сталями.

Для диффузионного ванадирования таких сталей может быть использован состав [а. с. 692909 (СССР)], содержащий, % (мас. доля): феррованадия 35-45; ферротитана 10-20; хлористого аммония 0,5-1,5; древесноугольного карбюризатора – остальное.

Ферротитан вводят для предупреждения начала образования карбидов ванадия, так как он является наиболее сильным карбидообразующим элементом. Состав обеспечивает получение глубоких (до 3 мм) диффузионных слоев повышенной твердости, износостойкости и эксплуатационной стойкости на рабочих деталях штампов и пресс-форм.

Пример. Осуществляют химико-термическую обработку рабочих деталей штампов и пресс-форм в описанном ранее составе при температуре 920-950 °С. Частицы феррованадия, ферротитана и древесно-угольного карбюризатора размельчают до грануляции 0,1-0,4 мм. Древесноугольный карбюризатор выполняет одновременно роль наполнителя (в смеси) и изоляции для отделения рабочих деталей штампов и пресс-форм друг от друга и предупреждения налипания. Просушенный хлористый аммоний растирают и просеивают. Перед употреблением смесь прокаливают при температуре 850-900 °С в течение 2-3 ч. Смесь тщательно перемешивают и засыпают в ящик слоем 20-30 мм. На этот слой укладывают рабочие детали штампов и пресс-форм, насыпают следующий слой также толщиной 20-30 мм, укладывают новый ряд деталей и т. д. Ящик герметизируют шамотной глиной с силикатом натрия. После окончания времени выдержки ящик охлаждают вместе с печью до 500 °С. Дальнейшее охлаждение до нормальной температуры проводят на воздухе. Затем ящик разбирают. Диффузионный слой на металле, обработанном описанным способом, формируется из расчета 0,15 мм за 1 ч.

После диффузионной обработки детали подвергают закалке с температуры на 30-50 °С ниже оптимальной, рекомендуемой для обычного процесса закалки таких сталей, и последующему отпуску на нужную твердость. Состав позволяет повысить твердость диффузионного слоя до 65-68 HRC, износостойкость в 5-10 раз и эксплуатационную стойкость в 2-3 раза.

Инструменты из малолегированных быстрорежущих сталей упрочняют диффузионным ванадированием в порошковых смесях, например, содержащих, % (мас. доля): феррованадия 60; хлористого аммония 7; оксида алюминия 33. Недостатки состава: небольшая красностойкость и малая глубина диффузионного слоя, не позволяющая производить заточку инструмента. Повышение свойств инструментов, изготовленных из малолегированных инструментальных сталей типа Р6М3, возможно при использовании состава [а. с. 536251 (СССР)], содержащего следующие компоненты, % (мас. доля): древесноугольный карбюризатор 5-15; ферромolibден 20-30; феррованадий 10-20; хлористый аммоний 0,5-2; оксид алюминия – остальное.

Упрочнение осуществляют нагревом при температуре 1040-1050 °С образцов и инструмента в смеси порошков, содержащей, % (мас. доля): ферромолибдена 27; феррованадия 19; древесноугольного карбюризатора 12; хлористого аммония 0,5; оксида алюминия 41,5.

Частицы ферросплавов размельчают до 0,1-0,4 мм и тщательно перемешивают с другими компонентами. Инструмент укладывают в ящик на слой смеси толщиной 20-30 мм. Сверху насыпают слой смеси такой же толщины. Укладывают новый ряд деталей и т. д. Ящик герметизируют шамотной глиной. После окончания времени выдержки (6 ч) ящик охлаждают на спокойном воздухе до нормальной температуры и затем вскрывают.

Глубина образующегося диффузионного слоя достигает 1,4-1,6 мм. Содержание молибдена и ванадия в слое на 2,5-3 и 1,3% соответственно выше по сравнению с исходным содержанием этих элементов в стали. Содержание углерода по сравнению с исходным повышается примерно на 0,6%. После диффузионного насыщения детали следует подвергать закалке с температуры на 50-70 °С ниже обычно принятой для стали данной марки и последующему трехкратному отпуску. При обработке сталей типов Р18, Р12, Р9К5>Р6М5 характеристика упрочненного слоя следующая: глубина слоя 1,4-1,6 мм; твердость поверхности после насыщения 48-52 HRC, после закалки при 1190 °С 38-43 HRC, после отпуска при температуре 600 °С (3 раза по 30 мин) 66-69 HRC; красностойкость 657 °С; режущая стойкость увеличивается в 2-5 раз.

Карбованадийтитанирование – комплексное диффузионное насыщение карбидами ванадия и титана поверхностей деталей штампов и пресс-форм, изготовленных из инструментальных углеродистых или легированных сталей. Процесс обеспечивает получение в металле глубоких (до 3 мм) диффузионных слоев повышенной твердости, износостойкости и эксплуатационной стойкости [а. с. 759618 (СССР)]. Рекомендуемая насыщающая смесь содержит, % (мас. доля): хлористый ванадий 20-30; хлористый титан 10-15; древесноугольный карбюризатор – остальное. Хлористый ванадий и хлористый титан введены для более полного восстановления ванадия и титана из оксида и карбидов, образующихся в насыщенной смеси, и пополнения количества ванадия и титана при регенерации обедненной смеси, бывшей в употреблении.

Пример. В смеси [содержит, % (мас. доля): VC1₂ 20; TiC1₂ 15; карбюризатора 65] проводят химико-термическую обработку деталей из сталей У8, Х12М, 4Х5МФС при температуре (1000+50) °С.

Детали загружают в печь, нагретую до 600-700 °С, и выдерживают в течение 2 ч. Затем повышают температуру до (1000+50) °С, выдерживают 12 ч и охлаждают вместе с печью до (500±50) °С, далее – на воздухе. По окончании процесса производят механическую обработку (снятие припуска до 0,1 мм на сторону), закалку и отпуск. Механические свойства сталей после такой обработки приведены в табл. 41.

В качестве регенерирующей добавки, вводимой в обедненную отработавшую смесь, используют ту же смесь, но свежего приготовления. Регенерирующую присадку в количестве 3-5% первоначальной исходной массы смеси добавляют после трехкратного использования рабочей насыщающей смеси. Во избежание налипания смесь не должна входить в непосредственный контакт с поверхностью детали. Целесообразно, чтобы расстояние между смесью и деталью было равно не менее 5 мм.

41. Механические свойства некоторых сталей после упрочнения

Марка стали	δ, мм	HRC ₃ после операции			$\frac{\sigma_{уп}}{\sigma}$
		Насыщения	Заковки	Отпуска	
У8	2,5	18-20	66-68	66-67	6-7
X12M		20-24	66-69	65-68	8-10
4X5MФC		20-25	67-69	66-68	9-10

* После упрочнения.

Примечания: 1. Кратность использования смеси – 65 раз.
2. Условные обозначения: δ – глубина слоя; $\sigma_{уп}$ и σ – износостойкость, соответственно, упрочненной и неупрочненной сталей.

Добавление небольшого количества регенерирующей смеси в отработавшую смесь сохраняет на одном уровне ее карболегирующую способность, позволяя использовать до 65 раз. Вследствие активности смеси предупреждается обезуглероживание деталей при насыщении. На поверхности деталей получается диффузионный слой повышенной твердости (900-1100 HV) и износостойкости (в 5-7 раз выше, чем при обычных методах термической обработки).

Циркотитанирование применяют для упрочнения твердосплавных инструментов, в частности вольфрамкобальтовых и титановольфрамкобальтовых режущих пластин, диффузионным насыщением их поверхности соединениями титана и циркония. Карбидные покрытия из циркония, титана и ниобия, нанесенные на поверхность твердосплавных инструментов, улучшают их эксплуатационные характеристики, т. е. повышают твердость, жаростойкость, стойкость против образования лунок, снижают адгезию режущего инструмента с обрабатываемым материалом. В результате срок службы инструмента возрастает в несколько раз. Процесс можно осуществить методами диффузии и осаждения из газовой фазы или диффузионным насыщением из твердых порошков. При осаждении из газовой фазы диффузионные слои наносят в замкнутом пространстве при пониженном давлении. В качестве насыщающей среды используют порошок технически чистого циркония крупностью 100-150 мкм, четыреххлористый углерод и полиэтилен, вводимый в реакционное пространство для науглероживания образцов в процессе нагревания.

Количество четыреххлористого углерода, полиэтилена и порошка циркония составляет соответственно 11 мл, 23 и 35 г на 1 м² площади насыщаемой поверхности, включая и внутреннюю поверхность реакционной камеры.

Согласно данным микрорентгеноспектрального анализа содержание циркония в карбиде циркония не зависит от температуры и времени насыщения и находится в пределах 87-88%. В карбиде циркония не растворяется вольфрам и кобальт. Глубина проникновения циркония в насыщаемую поверхность достигает 2-3 мкм.

Зависимость глубины слоя на основе карбида циркония на твердых сплавах от температуры и времени насыщения показана на рис. 26. Металлографически слой, насыщенный цирконием и титаном, на поверхности сплавов ВК8 и Т15К6 выявляется в виде светлой нетравящейся зоны толщиной 2-14 мкм. Непосредственно под карбидной зоной обезуглероженной зоны не наблюдается, т. е. нет зоны, ухудшающей эксплуатационные свойства карбидных покрытий. В форми-

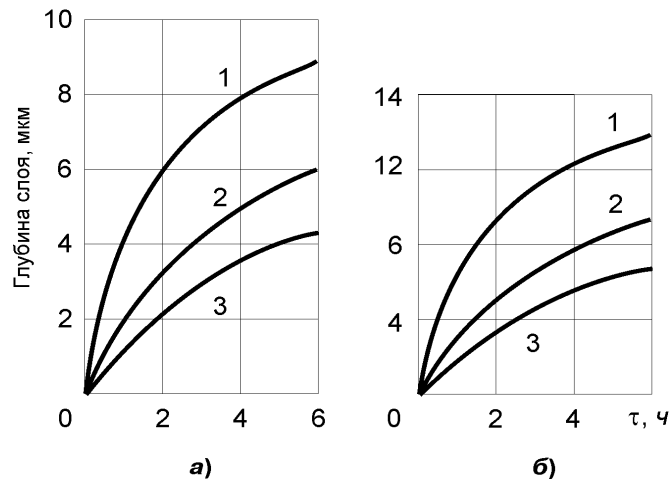


Рис. 26. Влияние температуры и времени насыщения на глубину слоя карбида циркония:
а – на сплаве Т15К6; б – на сплаве ВК8; температура насыщения:
1 – 1100 °С; 2 – 1050 °С; 3 – 1000 °С

ровании покрытия принимает участие не только углерод основного материала (матрицы), но и углерод, выделяющийся при диссоциации полиэтилена и четыреххлористого углерода, которые входят в состав насыщающих смесей. Микротвердость карбида циркония находится в пределах 2800-2900 единиц.

Оптимальный режим нанесения карбида циркония на поверхность сплава: ВК8 – температура насыщения 1000 °С, время выдержки 2 ч; Т15К6 – температура насыщения 1050 °С, время выдержки 2 ч.

Установлено, что стойкость пластин ВК8 с покрытием на основе карбида циркония в 2-4 раза выше, чем стойкость пластин ВК8 без покрытия, а пластин Т15К6 – в 1,5-3 раза по сравнению с серийными пластинами.

Циркосилицирование применяют для повышения жаростойкости, кислотостойкости и в некоторых случаях износостойкости рабочих поверхностей деталей машин, инструмента и технологической оснастки. Процесс проходит в порошковых средах, содержащих оксиды кремния, циркония, алюминия и хлорид аммония в качестве активатора процесса. Температура процесса 1100°С, продолжительность 4 ч (например, для стали 45). Глубина слоя насыщения до 100 мкм [а. с. 522280 (СССР)]. Рекомендуемая порошковая смесь содержит, % (мас. доля): метасиликата натрия 18-21; метасиликата калия 42- 49; хлорида калия 3-7; хлорида натрия 3-7; силикоциркония – остальное.

Силикоцирконий применяют в виде порошка с размером гранул 0,05-1,0 мм. Наиболее приемлем размер гранул 0,2-0,5 мм. Процесс химико-термической обработки рабочей поверхности деталей осуществляют погружением в насыщающую ванну и проводят в интервале температур 750-1100°С в течение 3-8 ч. Продолжительность выдержки зависит от требуемой глубины диффузионного слоя. При указанном режиме на стали образуется диффузионный слой глубиной 170-185 мкм.

Диффузионное насыщение твердых сплавов соединениями циркония и титана из твердых порошков можно осуществить с помощью состава [а. с. 709714 (СССР)], содержащего следующие компоненты, % (мас. доля): оксид алюминия

20-45; оксид титана 10-30; оксид циркония 20-35; титан 10-30. Предпочтительна смесь состава, % (мас. доля): Al_2O_3 40; ZrO_2 30; TiO_2 15; Ti 15. При некоторых условиях изготовления твердосплавных пластин на их поверхностях, преимущественно на выступах, углах, острых кромках, т. е. на рабочих поверхностях, может осаждаться свободный углерод, снижая тем самым прочность и износостойкость инструмента. Титан, введенный в покрытие, в процессе диффузионного насыщения при высоких температурах взаимодействует с имеющимся на поверхности свободным углеродом, в результате чего образуется дополнительное количество карбида титана.

При высокоскоростном резании, когда резко возрастает температура на рабочей поверхности инструмента, стойкость инструмента обеспечивается главным образом благодаря диффузионному изнашиванию поверхности.

В этом случае карбид титана служит диффузионным барьером, препятствующим свариванию твердосплавной режущей пластины с обрабатываемой сталью и замедляющим образование наростов и лунок, что увеличивает срок службы режущих пластин. Взаимная диффузия титана, вольфрама и углерода в процессе резания при высоких температурах приводит к образованию твердого раствора $TiC - WC$, химически более инертного, чем WC , обладающего высокой твердостью и очень низкой растворимостью. Имеющиеся в покрытии оксиды алюминия, титана и циркония отличаются высокой твердостью и окалиностойкостью, что увеличивает износостойкость режущих пластин. В процессе термообработки оксиды частично восстанавливаются с образованием карбидов алюминия, титана и циркония, которые, в свою очередь, создают сложные молекулярные растворы, оказывают положительное влияние на режущие свойства твердосплавных пластин.

Смесь порошков, содержащую, % (мас. доля): Al_2O_3 30; TiO_2 20; ZrO_2 32; Ti 18, измельчают в шаровой мельнице в течение 60 ч. На предварительно обработанную режущую поверхность пластин сплавов типа Т15К6 и ВК8 методом окунания наносят слой пасты, приготовленный из указанных мелкодисперсных порошков, смешанных на этиловом спирте. Затем пластины отжигают в вакууме 10^{-3} Па при температуре 1400-1450 °С в течение 3,5 ч. После термообработки на поверхности пластин образуется покрытие толщиной 10-12 мкм. При обработке изделий из сталей ХВГ, ШХ15 с твердостью 35-48 HRC со скоростью резания 56-370 м/мин, подачей 1,2-2 мм/об и глубиной резания 2-4 мм стойкость режущих пластин с покрытием в 2-3 раза, а при обработке чугуна в 7-8 раз выше, чем у серийного инструмента.

Эксплуатационную стойкость твердых сплавов (например, неперетачиваемых режущих пластин, изготовленных из сплавов ВК8, ВК6, Т15К6, Т5КЮ, ТТ10К8Б и др.), применяемых для оснащения режущих инструментов, можно повысить нанесением на их поверхность диффузионных карбидных покрытий [а. с. 790842 (СССР)]. Для этого в процессе нагревания в среде галогенов и (или) галогенидов наносимого металла проводят дополнительную выдержку при температуре 500-950 °С и давлении 13,3-0,001 Па. Способ позволяет наносить покрытия на основе карбидов главным образом тугоплавких металлов и их сплавов на твердосплавные изделия без использования водорода и углеводородов, что существенно упрощает конструкцию технологического оборудования и процесс нанесения покрытий, исключает применение пожаро- и взрывоопасных компонентов используемых газовых смесей.

Пример 1. Нанесение покрытия из карбидов ниобия. Режущие пластины помещают в печь, вакуумируют установку до получения в камере остаточного давления 0,1-0,01 Па, нагревают контейнер с пентахлоридом ниобия ($NbCl_5$) до температуры 110-130 °С. Затем печь с изделиями нагревают до 600-700 °С. Открывают затвор контейнера с $NbCl_5$, откуда пары $NiCl_5$ по паропроводу поступают в реакционное пространство печи. В указанном режиме изделия выдерживают 2 ч. После этого повышают температуру печи до 1000-1100 °С (при неизменных прочих параметрах) и проводят осаждение карбида ниобия в течение не более 1,5 ч. Затем прекращают подачу $NbCl_5$ (закрывают затвор контейнера). Печь охлаждают вместе с изделиями. В результате изделия покрываются ровным, плотным, прочно сцепленным с основной слоём NiC серебристого цвета толщиной до 30 мкм.

Пример 2. Нанесение покрытия из карбидов титана. Режущие пластины помещают в печь, вакуумируют установку до получения в камере давления 0,01-0,001 Па. Нагревают контейнер с кристаллическим иодом до температуры 40-50 °С. а затем печь с изделиями – до 550-600 °С. После этого сопловое устройство с размещенной внутри стружкой титана нагревают до 400-500 °С. Открывают затвор контейнера с иодом. Иод, взаимодействуя с титановой стружкой, образует иодиды титана различной валентности. Полученную смесь иода и иодидов титана направляют к изделиям, проводят травление в течение 50 мин. Затем повышают температуру изделий до 1050-1150 °С и проводят осаждение карбида титана в течение 1 ч. Полученные покрытия толщиной 8 мкм имеют хорошую адгезию и увеличивают стойкость режущих пластин.

Пример 3. Нанесение покрытия из сложных карбидов титана и ванадия. Режущие пластины из сплава Т15К6 подвергают травлению иодом в смеси с иодидами ванадия по методике, указанной в примере 2. Стружку титана, смешанную со стружкой ванадия в соотношении 1 : 5, выдерживают при более высокой температуре (800-900 °С) вследствие низкой летучести диоксида ванадия. Осадки толщиной 5-20 мкм, как и в предыдущих примерах, получаются равномерными, беспористыми, прочно сцепленными с основой. Они представляют собой сплав карбидов титана и ванадия переменного состава.

С помощью приемов, аналогичных описанным в примерах, наносят покрытия ZrC , TaC и др. В качестве исходных реагентов используют пентахлорид ниобия ($NbCl_5$), тетраиодид титана (TiI_4), тетрахлорид циркония ($ZrCl_4$), пентахлорид тантала ($TaCl_5$), диоксид ванадия (VO_2) и др.

Поверхностно-диффузионная карбидизация сложнолегирующими элементами – процесс, в котором диффузионное насыщение поверхностного слоя металла сложными карбидами металлов, например хрома, ванадия, титана, вольфрама и др., сочетается с созданием карбидного покрытия на поверхности металла, в результате чего повышаются износостойкость, теплостойкость и коррозионная стойкость изделия [а. с. 745961 (СССР)].

Нагревая изделия в порошке карбидообразующего металла, галогенида аммония и оксида алюминия, предварительно наносят на поверхность изделий слой органического материала на целлюлозной или белковой основе. Нагрев ведут при температуре 1200-1400 °С.

Сущность способа заключается в том, что при температуре 1200-1400 °С атомы карбидообразующих металлов (например, хром, ванадий, титан, вольфрам и др.) в присутствии галогенида аммония как активатора и противопригарной присадки (оксида алюминия) соединяют с углеродом и другими микроэлементами, входящими в состав органического материала (например, хлопчатобумажной, льняной, шерстяной ткани, кожи, лаков и др.), и образуют сложные кар-

бидные покрытия на поверхности изделий. Одновременно образуют диффузионный карбидный слой в металле изделия, прочно соединенный с природно-легированным карбидным покрытием. Это приводит к повышению износостойкости, теплостойкости и коррозионной стойкости изделий.

Температура ниже 1200 °С недостаточна для протекания процесса образования сложных карбидных покрытий. Температура выше 1400 °С не увеличивает скорость образования покрытий.

Пример 1. Ролики из стали 45 покрывают слоем хлопчатобумажной ткани и помещают в контейнер с порошком, содержащим, % (мас. доля): феррохрома 50; хлористого аммония 5; оксида алюминия 45.

Изделия и насыщающий порошок помещают в стальной контейнер с плавким затвором. Контейнер герметизируют, нагревают до температуры 1300 °С и выдерживают в течение 5 ч. В результате процесса на поверхности возникают сложные карбохромированные покрытия. При испытании роликов установлено увеличение их износостойкости в 2-2,5 раза по сравнению с покрытием, полученным другими способами.

Пример 2. Пластины из стали У8 покрывают слоями шерстяной ткани, шерстяной нити и помещают в контейнер со смесью порошков, содержащей % (мас. доля): феррованадия 50, йодистого аммония 5, оксида алюминия 45. Контейнер герметизируют, нагревают до температуры 1350 °С и выдерживают в течение 5 ч. В результате процесса на поверхности образуются сложные карбованадиевые покрытия. При испытании резцы, оснащенные пластинами, обработанными этим способом, отличались увеличением стойкости в 3-4 раза по сравнению с покрытием, полученным другими способами.

Ниобирование – процесс диффузионного насыщения ниобием поверхностей твердосплавных изделий (особенно режущих инструментов) с целью повышения их эксплуатационной стойкости. Достаточно простой и эффективный способ ниобирования [а. с. 726209 (СССР)] осуществляется в смеси порошков, содержащей, % (мас. доля): оксида ниобия 36-56; алюминия 10-24; хлористого аммония 1-3; окиси алюминия – остальное. Предпочтительный состав, % (мас. доля): окись ниобия 46; алюминия 17; хлористого аммония 2; оксида аммония 35.

Процесс ниобирования проводят при температуре 950-1100 °С в течение 1-6 ч в контейнерах без использования вакуума или защитных атмосфер. На поверхности твердосплавного инструмента формируется износостойкое покрытие, состоящее из карбидов ниобия (NbC и $\alpha-Nb_2C$) толщиной 7-15 мкм.

Преимущества состава: возможность использования стандартного термического оборудования, обеспечивающего нагрев до температуры 900-1100 °С; более значительное повышение эксплуатационной стойкости режущего инструмента по сравнению со стойкостью инструмента, подвергнувшегося ниобированию иными способами.

Пример. Ниобирование деталей из сплава ВК8 проводят при температуре 1100 °С с выдержкой 4 ч в шахтной силитовой печи без использования вакуума или защитных атмосфер. На поверхности твердосплавного инструмента формируется износостойкое покрытие толщиной до 15 мкм.

Сульфидирование – процесс насыщения поверхностных слоев металла серой. Сульфидированию подвергают технологическую оснастку и инструменты, изготовленные из быстрорежущих сталей всех марок и стали типа ХВГ 9ХС, с целью улучшения антифрикционных свойств поверхностей. Для проведения

сульфидирования применяют тигельные ванны. Технологическую оснастку, поступающую на сульфидирование, предварительно обезжиривают. Составы смесей для сульфидирования приведены в табл. 42. Составы № 3, 4, 6, 8 предназначены для обработки технологической оснастки, изготовленной из стали типа ХВГ и 9ХС (рабочая температура сульфидирования 180-200 °С, время выдержки при этой температуре 45-60 мин); составы № 1, 2, 5, 7 – для обработки технологической оснастки из быстрорежущей стали (рабочая температура процесса 550-570 °С, время выдержки 46-90 мин).

После выдержки технологическую оснастку охлаждают на воздухе до нормальной температуры и погружают в горячую воду для полного удаления соли. Затем опускают в подогретое масло, для отпуска через некоторое время выгружают и обтирают ветошью. Поверхность инструментов после сульфидирования серая. Глубина слоя, видимая под микроскопом, равна 0,10-0,13 мм. Образовавшееся на поверхности инструмента сернистое соединение в процессе трения обладает самосмазывающей способностью. Благодаря этому уменьшаются силы трения деталей трущихся пар или стружки о поверхность режущего инструмента. В результате сульфидирования износостойкость поверхностей увеличивается.

Контроль качества исполнения процесса сульфидирования проводят по образцам-свидетелям.

Сульфоцианирование – диффузионное насыщение металла углеродом, азотом и серой, сопровождающееся образованием сложных химических соединений (карбидов, нитридов и сульфидов железа и легирующих металлов). В сульфоцианированном слое металла у поверхности располагается тонкая (5-15 мкм) светлая зона сульфидов. Степень насыщенности зоны серой может превышать 5%. Ниже расположена темная зона карбонитридов. Глубина этой зоны 50-100 мкм. Далее следует переходная зона с преимущественным преобладанием структур перлитно-ферритного типа.

Процесс применяется для повышения износо- и задиростойкости поверхностей деталей, работающих в условиях усиленного трения и недостаточного смазывания (например, для упрочнения фрикционных дисков). Одновременное насыщение углеродом и азотом повышает износостойкость и сопротивление усталости металла деталей при многократных циклических нагружениях. При не-

42. Составы смесей для ванн при сульфидировании

Номер состава	Содержание, % (мас. доля)											
	KCNS	NaCNS	FeS	FeS ₂	Na ₂ S ₂ O ₃	Na ₂ SO ₄	K ₂ SO ₄	Al ₂ (SO ₄) ₃ × K ₂ SO ₄ × 24 H ₂ O	K ₄ Fe(CN) ₆	NaCl	BaCl ₂	CaCl ₂
1	-	-	-	16,6	-	-	-	-	3,4	17	25	38
2	-	-	13,2	-	-	3,4	-	-	3,4	17	25	38
3	90	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-
4	60-85	-	-	-	-	-	-	15-40	-	-	-	-
5	4	-	12	-	-	4	-	-	17	25	38	-
6	75	-	-	-	25	-	-	-	-	-	-	-
7	-	40-43	-	-	10	-	-	-	7-10	22	18	-
8	66	-	-	-	-	34	-	-	-	-	-	-

больших скоростях перемещений сульфоцианированные стальные и чугунные детали могут заменить бронзовые детали типа венцов червячных колес, втулок, подшипников скольжения, ползунов кулисных механизмов и т. п.

Сульфоцианирование повышает износостойкость режущих инструментов, изготовленных из быстрорежущих или высокохромистых легированных сталей. Процесс применяют для упрочнения инструментов и технологической оснастки, изготовленных из быстрорежущих сталей всех марок и стали типа X12, X12M и др.; для повышения стойкости и качества поверхности деталей. Выполняют в твердых смесях, в расплавах солей, в смесях газов. Составы смесей для жидкостного сульфоцианирования в расплавах солей приведены в табл. 43. Поскольку тиосульфат натрия более активный осернитель, чем сернистый натрий, то предпочтительно использование смесей следующих составов, % (мас. доля): карбамида мочевины 36; поташа 24; желтой кровяной соли 30; тиосульфата натрия 10 или хлористого калия 20; сернокислого натрия 25; тиосульфата натрия 5 и цианистого натрия 50 либо цианистого натрия 95 и тиосульфата натрия 5. Применительно к первому из составов реакции мочевины с поташем приводит к образованию неядовитой модификации цианистого калия:



Тиосульфат натрия, реагируя с цианатом калия, образует роданистый калий (KCNS), являющийся основным осернителем. Цианат калия, диссоциируя, образует соединения, которые, разлагаясь, разлагают азот и углерод, диффундирующие в сталь:



Атомный углерод выделяется из CO:



и вместе со свободным азотом диффузионно насыщает поверхность, образуя в металле карбонитридный слой.

43. Составы смесей для ванн при жидкостном сульфоцианировании

Номер состава	Содержание, % (мас. доля)											
	NaCN	(NH ₂) ₂ CO	K ₄ Fe(CN) ₆	Na ₂ S ₂ O ₃	Na ₂ SO ₃	Na ₂ SO ₄	(NH ₄) ₂ SO ₄	K ₂ S-Na ₂ S	K ₂ CO ₃	KCl	NaOH а	Na ₂ CO ₃
1	-	54	-	-	-	-	-	2	44	-	-	-
2	50	-	-	5	-	25	-	-	-	20	-	-
3	-	-	75	12	-	-	-	-	-	-	13	-
4	5	55	-	-	3	-	-	-	37	-	-	-
5	95	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-
6	95	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-
7	95	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-
8	34	-	-	-	7	-	-	-	16	-	27	16

Процесс ведут в тигельных печах-ваннах. Перед загрузкой детали очищают и обезжиривают, промывают в растворе щелочи, затем – в теплой воде. После подсушки их подогревают до 150-350 °С и затем с помощью приспособлений погружают в ванну. Рабочая температура ванны 550-570 °С, время выдержки при сульфоцианировании конструкционных сталей равно 2,5-3 ч. Время сульфоцианирования инструментов приведено в табл. 44.

По окончании процесса детали извлекают из ванны и выдерживают над ней до полного стекания раствора солей. Охлаждение деталей проводят на воздухе до температуры 100-150 °С. Затем детали промывают 10-15 мин в горячей воде, переносят в масло с температурой 100-125 °С и выдерживают в нем 10-15 мин. В результате такой обработки повышается коррозионная стойкость сульфоцианированной поверхности. Качество процесса контролируют по образцам-свидетелям, обработанным совместно с деталями. Состав ванны периодически контролируют. Содержание серы в работоспособной ванне должно быть в пределах 0,2-2,0% (мас. доля). Для восполнения количества серы в расплаве перед загрузкой очередной партии деталей необходимо в ванну ввести соли (например, гипосульфит Na_2SO_3) в количестве 10-20% от массы первоначальной загрузки. Сульфоцианированные детали имеют равномерный темно-серый цвет.

Алитирование – диффузионное насыщение металла, преимущественно стали, атомарным алюминием. Стальные алитированные изделия отличаются высокой окислительной стойкостью, хорошей сопротивляемостью коррозии, в том числе в морской воде и атмосфере, низкой износостойкостью. Твердость алитированного слоя достигает 500 HV. Процесс выполняют в порошкообразных смесях, в расплавах или металлизации с последующим отжигом. Режимы алитирования приведены в табл. 45. Тигли для алитирования в расплавах изготавливают из шамота или магнезита. Для предотвращения растворения металла обрабатываемых деталей в расплавленном алюминии в состав ванны вводят 6-8% стальной стружки. Недостатки способа алитирования в расплаве: низкая стойкость тиглей, налипание расплава на поверхность изделия, частичное растворение металла

44. Время τ сульфоцианирования инструментов

Инструмент	Диаметр инструмента, мм	τ , мин	Инструмент	Диаметр инструмента, мм	τ , мин
Сверла	От 10 до 15 Св. 15 » 20 » 20 » 30 30 и более	12	Долбяки	-	10
		15			
		18			
		20			
Развертки и зенкеры	От 10 до 15 Св. 15 » 20 » 20 » 30 30 и более	12	Резцы: зубострогальные проходные и канавочные фасонные итангенциальные	-	10-12 15-20 12-20
		15			
		18			
		20			
Метчики	От 10 до 12 Св. 12 » 20 20 и более	5	Резьбонарезные несборные фрезы	От 25 до 30 Св. 30 » 50 50 и более	10 12 15
		8			
		10			
Накатные плашки	-	От 5 до 7			

45. Режимы алитирования стали

Способ алитирования	Содержание компонентов в насыщающей среде, % (мас. доля)	Температура, °С	Продолжительность, ч	Глубина слоя, мм	Примечание
В порошкообразных смесях	1. Порошок алюминия 49,5; оксид алюминия 49,5; хлористый аммоний 1,0 2. Ферроалюминий 99; хлористый аммоний 1 3. Ферроалюминий 48; кварцевый песок 48; хлористый аммоний 4 4. Алюминий 25; оксид алюминия 74; хлористый аммоний 1 5. Ферроалюминий 50; оксид алюминия 49; хлористый аммоний 1 6. Ферроалюминий 74; оксид алюминия 25; хлористый аммоний 1	950-1050	6-12	0,25-0,6	Алитирование проводят в железных или нихромовых ящиках. Упаковка ведется так же, как при цементации, в твердом карбюризаторе. Смесью употребляют многократно с добавлением 10-15% свежей смеси
В ваннах с расплавленным алюминием	Расплавленный алюминий 88-92; железо 8-12 (во избежание растворения металла изделий)	720-750	0,25-1,0	0,1- 0,3	На поверхности расплава рекомендуется создавать слой флюса для очистки деталей, удаления налипшего металла и уменьшения разъедания поверхности деталей
Металлизация последующим отжигом	На поверхности изделия напыляют слой алюминия толщиной 0,7-1,2 мм. На него наносится обмазка (50% серебристого графита, 20% огнеупорной глины, 20% кварцевого песка, 10% жидкого стекла)	900-950	2-4	0,2-0,4	Толщина обмазки 0,8-1,5 мм. Обмазка просушивается при температуре 80-100 °С

* Для снижения содержания алюминия в слое и уменьшения хрупкости слоя алитированные изделия отжигают при температуре 900-1050 °С в течение 4-5 ч. Глубина алитированного слоя при этом возрастает на 20-40%.

детали и загрязнение ванны. Процесс частично стабилизируется при введении в ванну с расплавом флюсом (табл. 46).

Титаноалитирование – диффузионное покрытие алюминием и титаном поверхностей изделий из стали и чугуна [а. с. 722996 (СССР)]. Предварительно на изделие равномерно толщиной до 0,1 мм наносят смесь, состоящую из 85-90% Al и 10-15% Cu. Затем выполняют отжиг в вакууме при 930-980 °С (время выдержки 4-6 ч). После этого проводят титанирование с использованием металлатора из губчатого титана, титановой стружки или порошка, добавляя в них интенсификатор хлористый или фтористый аммоний, взятые в соотношении 100 : (0,5-2).

46. Составы флюсов для алитирования в расплаве

Компоненты	Содержание компонентов [% (мас. доля)] в составе		
	1	2	3
Хлористый калий	47	40	40
Поваренная соль	35	40	30
Криолит	12	10	10
Фторид алюминия	6	10	-
Хлористый цинк	-	-	20

Режим титанирования: разогрев реактора до температуры 860-870 °С, время выдержки 0,5 ч, повышение температуры до 950-1000 °С, выдержка 2-3 ч. Вакуум в реакторе 1,3 Па.

Выдержка при температуре 860-870 °С при титанировании способствует образованию эвтектики Ti_2Cu_3 . В результате этого происходит заполнение пор в диффузионном покрытии.

Пример. Изделие из серого чугуна СЧ21 очищают и обезжиривают. На поверхность электрометаллизатором наносят попеременно слои алюминия и меди толщиной 0,1 мм. Отжиг осуществляют в предварительно вакуумированной (1,3 Па) герметичной реторте при 950 °С в течение 4 ч.

Для титанирования используют губчатый титан фракции 12-6 мм в смеси с фтористым аммонием в соотношении 100 : 1. Режим титанирования: реактор разогревают до температуры 860 °С с изотермической выдержкой 30 мин, затем повышают температуру до 1000 °С с последующей изотермической выдержкой 4 ч. Разрежение в реакторе 1,3 Па. В результате процесса на поверхности детали образуется плотное диффузионное титановое покрытие толщиной до 1,8 мм. Концентрация титана в составе покрытия на поверхности изделия составляет 86-96%.

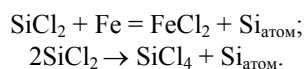
Силицирование – диффузионное насыщение поверхностного слоя стали кремнием. Силицированный слой обладает повышенной стойкостью против коррозии в морской воде и кислотах, а также повышенной износостойкостью при достаточно низкой твердости (200-250 HV). Процесс выполняют в порошкообразных смесях, жидких или газовых средах. Режимы силицирования приведены в табл. 47.

47. Режимы силицирования стали

Содержание компонентов в насыщающей среде, % (мас. доля)	Температура, °С	Продолжительность, ч	Глубина слоя, мм	Примечание
<i>Силицирование в порошкообразных смесях</i>				
Ферросилиций 75; шамот или оксид алюминия 20; хлористый аммоний 5	1100-1200	6-12	0,15-0,8	-
<i>Газовое силицирование</i>				
Газовая фаза, образующаяся при введении хлора в среду, загруженную изделиями и ферросилицием (или карбидом кремния)	950-1050	2-5	0,4-0,8	Процесс ведут в муфельных печах. Количество карбида кремния или ферросилиция – 1/10 массы деталей

Для силицирования в порошкообразных смесях детали упаковывают в металлические ящики, заполненные рабочей смесью, и помещают в печь, нагретую до температуры 950-1100 °С. Продолжительность времени выдержки для получения силицированного слоя заданной глубины зависит от температуры процесса и размеров ящика. Ориентировочно можно считать, что для ящиков средних размеров при температуре 1100 °С за 6 ч глубина образующегося силицированного слоя достигает 0,15 мм. Силицирование в жидкой среде выполняется в расплаве солей хлористого бария и хлористого натрия (1 : 1) с добавлением ферросилиция (20% общей массы солей). В таком расплаве при температуре 1000 °С на детали из низкоуглеродистой стали за 2 ч создается силицированный слой глубиной до 0,35 мм. Процесс осуществляется в электродных печах-ваннах.

Силицирование в газовых средах проводят в хлоре, смесях хлора и водорода, а также азота и водорода. Источником атомарного кремния служат ферросилиций, карбид кремния (SiC), тетрахлорид кремния (SiCl₄) и моносилан (SiH₄). Наиболее часто газовое силицирование проводят в среде хлора или смеси хлора и водорода в печи с вращающейся ретортой. В реторту загружают обрабатываемые детали, карбид кремния или ферросилиций. Количество карбида кремния (или ферросилиция) составляет 10% массы загруженных деталей. Температура процесса 950-1050 °С. После нагрева до рабочей температуры в реторту подается газ, например хлор. Хлор взаимодействует с кремнием, образуя хлорид кремния (SiCl₂), а затем атомарный кремний:



Количество хлора, подаваемого в реторту, влияет на качество обрабатываемых изделий. Избыток хлора приводит к разъеданию поверхности деталей и к возникновению реакций, понижающих давление в рабочем пространстве печи. При нормальном ходе процесса давление в реторте равно 100-500 Па. Ориентировочно можно считать, что на 1 м² поверхности обрабатываемых деталей в рабочем пространстве печи должно быть израсходовано 10-20 л хлора.

Обработка быстрорежущего инструмента в атмосфере пара

Окончательно изготовленный инструмент подвергают обработке в атмосфере пара по следующей технологической схеме: обезжиривание в течение 10-15 мин при температуре 70 °С в ванне с раствором следующего состава, кг/л воды: углекислая сода Na₂CO₃ 0,02-0,04; каустическая сода NaOH 0,02-0,04; тринатрийфосфат Na₃PO₄ 0,02-0,04; промывка в горячей воде; подогрев до температуры 340-380 °С в герметичной камере электропечи с выдержкой 15-30 мин; продувка камеры паром в течение 20-30 мин для полного удаления воздуха; подогрев до температуры 540-560 °С в электропечи с выдержкой 30-40 мин; охлаждение на воздухе до температуры 50-70 °С; обработка в масле при температуре 50-70 °С с выдержкой 5-10 мин.

В результате обработки паром на поверхности окончательно изготовленного инструмента образуется черная с синим оттенком пористая оксидная пленка толщиной до 0,006 мм. Она хорошо удерживает охлаждающие и смазывающие жидкости и затрудняет налипание стружки на режущие грани. В производствен-