

Московский государственный технический университет
им. Н.Э.Баумана

НЕРАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ В РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТАХ

*Рекомендовано редсоветом МГТУ
в качестве учебного пособия по курсу
"Технология производства инструментальных систем"*

Под редакцией А.Е.Древаля

Издательство МГТУ им.Н.Э.Баумана

1 9 9 7

Рецензенты: *Р.З. Диланян, С.У. Молодых*

Н 54

Неразъемные соединения в режущих инструментах: Учебное пособие по курсу "Технология производства инструментальных систем" / В.П. Покровский, А.И. Овчинников, С.Е. Коваленко, А.В. Литвиненко, С.В. Грубый; Под ред. А.Е. Древалю. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. – 50 с., ил.

Приведены основные сведения по операциям сварки, пайки и склеивания режущей и корпусной частей инструмента. Рассмотрены особенности технологии изготовления неразъемных соединений в современном инструментальном производстве. Дан обширный справочный материал.

Для студентов специальности "Процессы и инструментальные системы механической и физико-химической обработки", а также может быть полезно для специалистов в области производства металлорежущего инструмента.

Табл. 12. Ил. 25. Библиогр. 2 назв.

ББК 34.441

Редакция заказной литературы

Владимир Павлович Покровский,
Александр Иванович Овчинников,
Сергей Ефимович Коваленко,
Анатолий Васильевич Литвиненко,
Сергей Витальевич Грубый

Неразъемные соединения в режущих инструментах

Заведующая редакцией *Н.Г. Ковалевская*
Редактор *О.М. Королева*
Корректор *М.А. Василевская*

Подписано в печать 20.06.97. Формат 60x84/16. Бумага тип. № 2.
Печ. л. 3,12. Усл. печ. л. 2,91. Уч.-изд. л. 2,76. Тираж 200 экз. Изд. № 3.
Заказ № С

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана,
типография МГТУ им. Н.Э. Баумана.

ВВЕДЕНИЕ

В современном инструментальном производстве неразъемные соединения режущей и корпусной частей металлорежущего инструмента занимают доминирующее положение. Сварка и пайка применяются в большинстве конструкций инструмента.

Значительно менее распространены клеесборные конструкции, однако имеется тенденция к расширению области их применения благодаря отсутствию ряда недостатков, органически присущих другим видам неразъемных соединений.

В зависимости от свойств инструментального материала, условий эксплуатации и технологичности конструкции для одних и тех же инструментов возможно использование различных типов неразъемных соединений. Решение о применении конкретного способа соединения режущей и корпусной части принимается конструктором, как правило, совместно с технологами. При этом определяющими критериями оценки целесообразности принятого технического решения являются эксплуатационные свойства соединения (прочность, надежность, виброустойчивость, стабильность свойств соединения во времени, обеспечение условий теплоотвода).

В настоящем пособии рассмотрены различные методы соединения режущей и корпусной частей инструмента, проведен анализ особенностей технологии изготовления таких соединений, приведены их эксплуатационные свойства, преимущества и недостатки. Это позволяет сделать обоснованный выбор соединяемых материалов, размеров заготовок и режимов обработки, методов устранения или уменьшения возможных нежелательных явлений. Описаны различные методы контроля неразъемных соединений в инструментальном производстве.

1. СВАРКА ЗАГОТОВОК РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

В инструментальном производстве сварка находит широкое применение и является в ряде случаев обязательной. Изготавливать рабочую и корпусную (хвостовую) части инструмента цельными, как правило, не только экономически нецелесообразно, но и неверно с технической стороны, поскольку к этим частям инструмента предъявляются существенно отличающиеся требования. Около 80% инструмента, имеющего стержневую форму с рабочей частью из быстрорежущей стали, изготавливаются сварными. Доля заготовительных операций в общей трудоемкости производства таких инструментов достигает 20 – 25%.

Основная цель операции сварки – экономия дорогостоящей инструментальной стали. Сварке подвергают практически весь инструмент осевого типа из быстрорежущей стали диаметром свыше 6–8 мм. Такими инструментами являются сверла, зенкеры, развертки, метчики, концевые фрезы и др. В некоторых случаях таким же образом изготавливают резцы с рабочей частью из быстрорежущей стали.

Корпусная часть или державка режущих инструментов составных неразъемных конструкций выполняется из сравнительно дешевой конструкционной стали марок 40, 45, 40Х.

Соединение рабочей и корпусной части указанных инструментов осуществляется контактной стыковой сваркой, сваркой трением, диффузионной или электронно-лучевой сваркой. В современном инструментальном производстве наибольшее распространение получили первые два вида сварки из-за простоты их реализации, вполне удовлетворительного качества получаемого соединения и большого накопленного опыта их реализации.

1.1. ОСОБЕННОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Кроме экономии инструментального материала при сварке обеспечивается лучший теплоотвод из зоны резания по сравнению с механическим креплением режущих пластин на корпусе инстру-

мента. Сварной инструмент отличается также высокой надежностью крепления режущей части и компактностью конструкции.

Технологию получения сварных неразъемных соединений определяют различия в составе, в механических и теплофизических свойствах соединяемых материалов. Удельное электросопротивление быстрорежущей стали в 2,5 раза выше, чем у конструкционной. Следовательно, нагрев стержня из быстрорежущей стали будет проходить интенсивнее.

В то же время теплопроводность быстрорежущей стали примерно в 2 раза меньше, чем у конструкционной. Это приводит к неравномерному распределению температуры в зоне стыка при нагреве заготовок проходящим током в процессе сварки. При остывании стыка из-за разницы в теплоотводе соединяемых частей инструмента возможны его деформации и возникновение остаточных напряжений, что неблагоприятно сказывается на дальнейших операциях изготовления инструмента и его эксплуатационных свойствах.

Тем не менее, сварка для инструментов из быстрорежущей стали со сравнительно дешевой конструкционной сталью корпуса (державки) остается экономически выгодной операцией. При этом особенности формирования сварных соединений должны обязательно учитываться при разработке общей технологии изготовления режущего инструмента.

Операция сварки осуществляется в несколько переходов:
подготовка заготовок,
установка заготовок в сварочную машину,
сварка заготовок,
удаление сварочного грата,
термообработка заготовок,
контроль сварных заготовок.

1.2. ПОДГОТОВКА ЗАГОТОВОК К СВАРКЕ

Подготовка заготовок заключается в определении их линейных и диаметральных размеров, их отрезке из проката, механической обработке (при необходимости), очистке заготовок.

С целью экономии материала форма и размеры заготовок должны быть максимально приближены к размерам готового режущего инструмента. Рассмотрим как наиболее часто встречающийся случай сварки инструмента стержневой формы.

Длину заготовок под сварку (рис.1.1) определяют по формулам:

$$L_{\text{БС}} = l_p + k + a + m,$$

$$L_{\text{КС}} = l_x - k + b + m,$$

где L_{BC} – длина заготовки из быстрорежущей стали; l_p – длина рабочей части инструмента по чертежу; k – припуск на величину дефектного слоя около шва со стороны быстрорежущей стали (учитывается в том случае, когда сварной шов расположен на рабочей части инструмента); a – припуск на величину усадки (уменьшения длины) после операции сварки для заготовки из быстрорежущей стали; m – припуск на подрезку торца после сварки; $L_{КС}$ – длина заготовки из конструкционной стали; l_x – длина хвостовой части инструмента; b – припуск на величину усадки после операции сварки для заготовки из конструкционной стали.

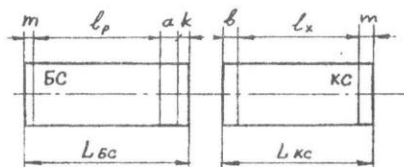


Рис. 1.1. Определение длины заготовок под сварку

Рекомендуемые величины припусков приведены в табл.1.1.

Т а б л и ц а 1.1

Величины припусков для заготовок сварного инструмента, мм

Диаметр свариваемых концов заготовок	k	a	b	m
6 - 10	4	3	2	1
11 - 15	4	4	2	1,5
16 - 20	4	4	2	1,5
21 - 22	5	4	2	1,5
23 - 24	5	4	3	1,5
25 - 30	5	4	3	1,5
31 - 35	6	4	3	1,5
36 - 40	6	5	3	1,5
41 - 46	8	5	3	1,5
47 - 50	8	5	3	2
51 - 55	10	6	4	2

В зависимости от типа инструмента заготовки под сварку могут иметь поперечное сечение различной формы. Однако основной формой сечения заготовок является круг. Принимая в качестве основного параметра площадь поперечного сечения свариваемых заготовок, все рекомендации можно использовать также для любых форм сечения заготовок инструмента.

При выборе диаметров заготовок под сварку необходимо учитывать неизбежный эксцентриситет осей заготовок при их базировании на операции сварки. Поэтому применяют схему, приведенную на рис.1.2. Исходя из этой схемы диаметры заготовок режущей D_{BC} (BC – быстрорежущая сталь) и хвостовой $D_{КС}$ (КС – конструкционная сталь) частей рассчитываются следующим образом:

$$D_{BC} = d_p + 2a_{np} \quad D_{КС} = d_x + 2a_{np} + 2e,$$

где d_p – диаметр режущей части инструмента; d_x – диаметр хвостовой части инструмента; a_{np} – соответствующий припуск на обработку BC и КС; e – эксцентриситет осей режущей и хвостовой частей заготовок инструмента.

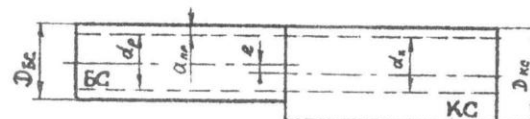


Рис. 1.2. Определение диаметров заготовок инструментов под сварку

В этом случае уменьшается расход дорогостоящей быстрорежущей стали.

Производственный опыт показал, что если максимальный эксцентриситет осей заготовок не будет превышать значений, указанных в табл.1.2, то не потребуются дополнительные увеличения припусков, указанных в табл.1.3 и 1.4.

Т а б л и ц а 1.2

Допустимая величина смещения осей сварных заготовок, мм

Диаметр готового изделия	Смещение осей заготовок	Диаметр готового изделия	Смещение осей заготовок
8 - 10	0,38	25 - 32	0,48
10 - 12,5	0,40	32 - 40	0,50
12,5 - 16	0,42	40 - 50	0,52
16 - 20	0,44	50 - 63	0,56
20 - 25	0,46	63 - 80	0,60

Таблица 1.3

Технологический припуск на обработку заготовок рабочей части инструмента, мм

Диаметр готового изделия	Величина припуска при длине заготовки до								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
8 - 12,5	1,4	1,45	1,6	1,70	1,9	2,15	2,4	2,7	3,0
12,5 - 20	1,5	1,55	1,7	1,85	2,0	2,25	2,5	2,8	3,1
20,1 - 32	1,6	1,65	1,8	1,95	2,1	2,35	2,6	2,9	3,2
32,1 - 50	2,0	2,05	2,2	2,35	2,5	2,75	3,0	3,3	3,6
50,1 - 80	2,2	2,25	2,4	2,55	2,7	2,95	3,2	3,5	3,8

Свариваемые заготовки должны иметь одинаковую форму и размеры свариваемых концов. Допускаемые отклонения в диаметральных размерах $\pm 0,5$ мм.

При сварке заготовок не одинакового по размерам сечения следует выравнивать диаметры свариваемых концов за счет механической обработки заготовок большего диаметра на участке длиной l (рис.1.3).

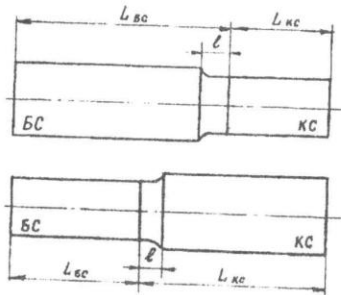


Рис. 1.3. Заготовки инструмента стержневой формы

Таблица 1.4

Технологический припуск на обработку хвостовой части заготовок инструмента, мм

Диаметр готового изделия	Величина припуска при длине заготовки до								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
8 - 12,5	1,60	1,65	1,80	1,90	2,10	2,35	2,60	2,90	3,20
12,5 - 20	1,85	1,90	2,05	2,15	2,35	2,60	2,85	3,15	3,45
20 - 32	2,00	2,05	2,20	2,30	2,50	2,75	3,00	3,30	3,60
32 - 50	2,45	2,50	2,65	2,75	2,95	3,20	3,45	3,75	4,05
50 - 80	2,70	2,75	2,90	3,00	3,20	3,45	3,70	4,00	4,30

Минимальные размеры свариваемых заготовок и величина выточки l приведены в табл. 1.5.

При больших сечениях свариваемых заготовок и недостаточной мощности сварочной машины возможно уменьшение площади свариваемого сечения заготовок в соответствии с рис.1.4 и табл. 1.6.

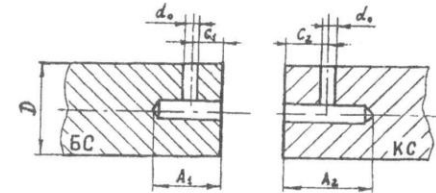


Рис. 1.4. Заготовки под сварку инструмента с уменьшенной площадью свариваемого сечения

Таблица 1.5

Минимальные размеры свариваемых заготовок, мм

Диаметр свариваемых концов заготовок	$l_{вс}$	$l_{кс}$	Величина выточки l	
			для БС	для КС
6 - 10	30	40	10	10
11 - 15	30 - 35	40 - 50	12	12 - 18
16 - 20	35 - 45	40 - 50	15	15 - 20
21 - 22	45	65	15	18 - 22
23 - 24	45 - 50	65 - 70	18	18 - 22
25 - 30	50	70	20	18 - 22
31 - 35	50 - 55	70 - 75	20	20 - 25
36 - 40	55 - 60	75 - 80	20	20 - 25
41 - 50	60	80	22	20 - 25
51 - 55	60 - 65	80 - 90	25	25 - 30

Перед операцией сварки заготовки должны быть очищены по торцовым и контактным боковым поверхностям. Очистка поверхности заготовок может быть осуществлена механической обработкой, травлением, пескоструйной обработкой. Однако эти методы либо обладают низкой производительностью, либо экологически опасны. В настоящее время в массовом производстве наиболее перспективным является такой метод очистки заготовок, как гидроабразивная обработка. Этот метод является экологически чистым и поддается автоматизации, поэтому может быть встроено в автоматическую линию при массовом производстве инструмента.

Таблица 1.6

Размеры выточек на заготовках больших сечений, мм

Инструмент	Размеры						
	D	d _в	d ₀	A ₁	C ₁	A ₂	C ₂
Концевые фрезы	30-35	14-16	4	14-16	12-14	16-18	14-16
	35-45	16-20	4	16-17	14-15	18-20	16-18
	45-55	20-25	5	17-18	15-17	20-22	18-20
	55-65	25-30	5	18-20	17-19	22-24	20-22
	65-75	30-35	5	20-22	19-21	24-26	22-24
	75-85	35-40	5	22	21-22	26	24-26
Сверла, развертки, зенкеры	30-35	14-20	4	14-16	12-15	16-19	14-17
	30-45	20-28	4	16-19	15-17	19-22	17-20
	45-55	28-35	5	19-21	17-20	22-26	20-24
	55-65	35-42	5	21-22	20-22	26-30	24-28
	65-75	42-50	5	22-24	22-24	30-34	28-32
	75-85	50-56	5	22	24	34	32

1.3. КОНТАКТНАЯ СТЫКОВАЯ СВАРКА ЗАГОТОВОК ИНСТРУМЕНТА

Стыковая сварка – процесс соединения металлов при их совместной деформации в пластическом состоянии и образовании между соединяемыми поверхностями металлической связи. Этот процесс заключается в том, что свариваемые заготовки включаются в цепь вторичной обмотки сварочного трансформатора. Торцы заготовок в месте их контакта разогреваются. Нагрев осуществляется за счет тепла, выделяемого в месте контакта свариваемых заготовок при прохождении сварочного тока.

Операционный эскиз процесса сварки показан на рис.1.5.

В инструментальном производстве в основном используется одна из разновидностей контактной сварки – сварка оплавлением с предварительным подогревом.

Количество тепла Q , выделяемое при сварке, может быть определено из уравнения:

$$Q = 0,24 \cdot I_1^2 \cdot R_{св} \cdot t,$$

где I_1 – сварочный ток во вторичной цепи, А; $R_{св}$ – активное сопротивление участка сварочной

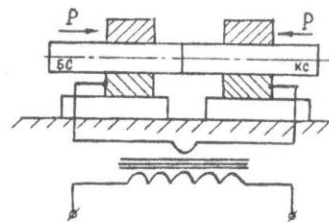


Рис. 1.5. Схема электрической стыковой сварки заготовок

цепи между зажимными губками машины, Ом; t – время прохождения тока, с.

В то же время $R_{св}$ складывается из следующих величин:

$$R_{св} = R_k + \Sigma R_a + R_3,$$

где R_k – контактное сопротивление между торцами свариваемых заготовок, Ом; ΣR_a – общее собственное сопротивление свариваемых заготовок, Ом; R_3 – контактное сопротивление между контактными губками и заготовками, Ом.

Контактное сопротивление при сварке стремятся увеличить, так как при этом возрастает количество тепла, выделяемое в месте сварки. В то же время величину R_3 всегда стремятся уменьшить, так как в случае высокого сопротивления в местах контакта губок с заготовками возможен нагрев до температур плавления стали. В результате образуется так называемый подгар поверхности заготовки, где часто наблюдается поломка изделий.

Максимально допустимым значением сопротивления контакта между зажимными губками и заготовкой является 50 мкОм при силе зажима в месте контакта не менее 1 кН. Медные зажимные губки нуждаются в постоянном контроле и очистке, так как при окислении контактное сопротивление между ними и заготовками может возрасти в несколько раз и процесс сварки иногда не может быть реализован.

Предварительно очищенные заготовки рабочей и хвостовой частей свариваемого инструмента устанавливают в зажимы, при этом их концы должны выступать из зажимов на расстояния, указанные в табл.1.7. Разные выпуски концов заготовок компенсируют различия электрических и теплофизических свойств быстрорежущих и конструкционных сталей и обеспечивают одновременный и равномерный разогрев свариваемых торцов.

Процесс сварки состоит из трех последовательных стадий: подогрева торцов заготовок, их оплавления и осадки.

Предварительный подогрев. Этот этап осуществляется путем повторяющихся замыканий-размыканий торцов свариваемых заготовок при включенном токе. При каждом замыкании в случайных наиболее выступающих точках торцовых поверхностей проходит сварочный ток, производя локальный нагрев, а в момент размыкания температура в околоконтактной области выравнивается за счет теплопроводности свариваемых материалов. При следующем очередном замыкании контактирование с частичным оплавлением происходит в новом месте, и, таким образом, вся торцовая поверхность достаточно быстро входит в непосредственный контакт.

Т а б л и ц а 1.7

Технологические рекомендации для сварки инструмента, мм

Диаметр заготовки	Выпуск концов заготовок из зажимов, мм		Общий припуск на сварку, мм	Распределение припуска		
	БС	КС		БС+КС	Подогрев	Оплавление
8 - 10	10	15	5	1	2	2
11 - 15	12	20	6	1,5	2,5	2
16 - 20	15	20	6	1,5	2,5	2
21 - 22	15	20	6	1,5	2,5	2
23 - 24	18	27	7	2	2,5	2,5
25 - 30	18	27	7	2	2,5	2,5
31 - 32	20	30	7	2	2,5	2,5
33 - 35	20	30	7	2	2,5	2,5
36 - 40	20	30	8	2	3	3
41 - 46	20	30	8	2	3	3
47 - 50	22	33	8	2	3	3
51 - 55	25	40	10	2,5	4	3,5

После некоторого количества замыканий-размыканий температура в плоскости торцов полностью выравнивается. Лучшие результаты обеспечиваются при длительности замыканий 0,1 – 0,5 с, а пауз 0,15 – 0,3 с. Соответствующие длительности для заготовок больших размеров следует выбирать максимальными, а для заготовок малых размеров – минимальными.

Число замыканий при предварительном подогреве зависит от площади свариваемого сечения, силы тока и свойств свариваемых материалов. Рекомендуется эту взаимосвязь определять эмпирической формулой

$$z = \frac{(60 + 2D_3) \cdot D_3 \cdot \beta}{I_1},$$

где z – число замыканий при подогреве; D_3 – диаметр заготовки; β – коэффициент, А/мм², I_1 – сила тока в первичной обмотке сварочного трансформатора, А.

Коэффициент β зависит от марки быстрорежущей стали и изменяется в пределах 0,9 – 1,1.

Оплавление. При оплавлении свариваемые торцы движутся непрерывно навстречу друг другу с постоянной скоростью, составляющей 1,0 – 1,5 мм/с. При сближении заготовок между их торцами в отдельных точках возникает электрический контакт. Эти участки

контакта быстро плавятся, образуя перемычки жидкого металла, через которые протекают токи высокой плотности. Это приводит к их интенсивному нагреву и взрывообразному испарению перемычек. Непрерывное сближение заготовок приводит к периодическому появлению и разрушению новых таких перемычек металла. В результате на торцах свариваемых заготовок образуется сплошной слой жидкого металла.

Обязательным условием перед осадкой является равенство скоростей оплавления заготовок и их подачи. Если скорость оплавления меньше подачи, оплавление прекращается, сварочная машина работает в режиме короткого замыкания. Превышение скорости оплавления над скоростью подачи приводит к разрыву сварочной цепи и прекращению оплавления заготовок.

Оба случая прекращения оплавления недопустимы. В этих случаях жидкая пленка металла интенсивно окисляется кислородом воздуха и остывает, что приводит к ухудшению качества сварного соединения.

Рекомендуется выбирать скорость оплавления в зависимости от марки быстрорежущей стали в следующих диапазонах:

- 0,8 – 2,2 мм/с для сталей P9, P12, P18, P9K5;
- 1,0 – 2,5 мм/с для сталей P6M3, P6M5, P6M5K5;
- 0,8 – 2,0 мм/с для остальных быстрорежущих сталей.

Электрические режимы сварки зависят в основном от площади свариваемого сечения заготовок и от параметров сварочных машин. Характеристики специализированных сварочных машин, используемых в производстве инструмента, приведены в [1]. В среднем напряжение во вторичной цепи сварочной машины составляет 3,5 – 7 В, плотность тока 10 – 20 А/мм². Потребляемые мощности на оплавление весьма велики – от 7 до 150 кВт и зависят в основном от площади сечения свариваемых заготовок.

В массовом производстве инструмента применяют современные сварочные машины с автоприводом сближения заготовок, как правило, кулачкового типа. Это позволяет использовать персонал сравнительно низкой квалификации, повысить качество сварки и поднять производительность в 1,5 – 2 раза.

Осадка. Величина, сила, с которой она осуществляется, скорость и характер изменения осадки – все это влияет на прочность и качество сварного соединения. Обычно суммарная величина осадки находится в диапазоне 2 – 3,5 мм (см. табл.1.7). Экспериментально установлено, что для получения качественного соединения требуется давление осадки 30 – 60 МПа. При больших свариваемых сечениях (диаметр заготовок 60 – 80 мм) сила осадки может достигать

значений в пределах 150 – 180 кН. Сила осадки подробно указана в рекомендациях [2].

Для облегчения пластической деформации иногда вначале производится осадка под током (25 – 30% от общего припуска на осадку), а заканчивается без тока. Скорость осадки под током не должна быть меньше 10 мм/с.

Сварка оплавлением может применяться не только для концевой инструмента, но также для резцов. С целью экономии инструментального материала свариваемые заготовки устанавливают в приспособление, к заготовкам подводят токоведущие контакты от сварочной машины, а осадку, учитывая большую площадь свариваемых поверхностей, производят под прессом. После сварки и разрезки заготовки получают два резца (рис.1.6).

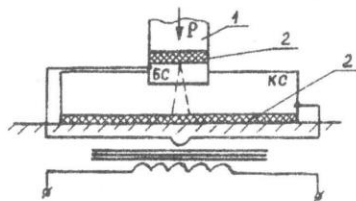


Рис. 1.6. Схема сварки БС и КС для изготовления резцов: 1 – сила пресса; 2 – асбестовая прокладка

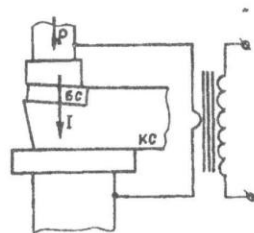


Рис. 1.7. Схема контактной сварки на точечной машине

Часто применяется схема сварки пластинок из быстрорежущей стали с корпусом инструмента на контактных машинах. В этом случае нагрев осуществляется при пропускании тока непосредственно через привариваемую пластинку (рис. 1.7). Паз под пластинку должен быть профрезерован, а пластина должна быть слегка “утоплена” в пазу так, чтобы под пластиной образовался уступ, а также иметь фаску (рис.1.8). Пластины очищают от окалины и загрязнений пескоструйной обработкой, травлением или с помощью гидроабразивной обработки. Дополнительно требуется зачистка контактных поверхностей во избежание их прижогов. Рекомендуются изменять пластины малой толщины – не более 1/4 от высоты державки резца.

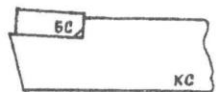


Рис. 1.8. Положение пластины в корпусе резца

1.4. СВАРКА ТРЕНИЕМ ЗАГОТОВОК ИНСТРУМЕНТА

Как и при контактной сварке, сварке трением подвергаются заготовки из быстрорежущей и конструкционной сталей.

Одна из свариваемых заготовок крепится неподвижно, а вторая, находящаяся с ней на одной оси, вращается. Торцы заготовок прижимаются друг к другу с усилием P (рис.1.9).

Под действием сил трения интенсивно выделяется теплота, что приводит к повышению температуры поверхности трения. Под действием этих факторов торцовые поверхности заготовок деформируются и материал в зоне стыка переходит в пластическое состояние. По мере дальнейшего ведения процесса трения температуры в стыке выравниваются по площади контакта за счет теплопроводности свариваемых материалов.

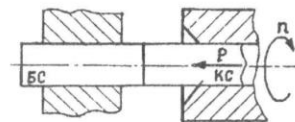


Рис. 1.9. Схема стыковой сварки трением

Пластические деформации приводят к разрушению и удалению оксидных пленок, что способствует образованию практически ювенильных контактных поверхностей. При продолжающемся относительном вращении трущихся поверхностей создаются благоприятные условия для появления множества очагов схватывания, которые тут же разрушаются.

Постоянный приток тепловой энергии от сил трения способствует дальнейшему повышению температуры стыка, что увеличивает интенсивность образования участков схватывания металла.

В дальнейшем происходит нагрев металла в зоне стыка до состояния повышенной пластичности с образованием очагов схватывания по всей трущейся поверхности. Для получения соединения (сварки) остается устранить процесс, разрушающий очаги схватывания. Это достигается быстрым прекращением относительного вращения заготовок при сохранении осевой нагрузки, что обеспечивает сохранение множества очагов схватывания на торцах свариваемых заготовок.

Общая длина заготовок концевой инструмента под сварку трением определяется по формулам:

$$L_p = l_p + a + c,$$

$$L_x = l_x + b + c,$$

где L_p – длина заготовки рабочей части инструмента; l_p – длина рабочей части инструмента; a – припуск на осадку рабочей части после сварки; c – припуск на механическую обработку торцов; L_x – длина заготовки хвостовой части инструмента, l_x – длина хвостовой части инструмента, b – припуск на осадку хвостовой части инструмента.

В настоящее время используют в основном схему с двухступенчатым приложением давления, при которой обеспечивается наиболее качественное соединение (рис.1.10). Заготовки должны иметь торцы, максимально перпендикулярные их оси вращения.

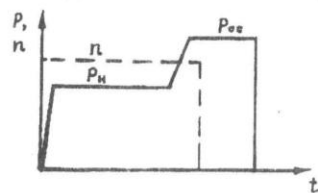


Рис. 1.10. Изменение основных технологических параметров в процессе сварки трением

В табл.1.8 указаны сравнительные данные припусков на контактную стыковую сварку и сварку трением.

Сварка трением позволяет соединять заготовки, с перепадом диаметра до 4 мм. Таким образом отпадает необходимость доведения сечения большей заготовки на определенной длине до размеров меньшей заготовки, что имеет место при стыковой сварке.

Для получения качественного сварного соединения и обеспечения минимальных припусков сварку трением необходимо вести на режимах, указанных в табл.1.9.

Т а б л и ц а 1.8

Припуски для сварки трением и стыковой сварки, мм

Диаметр свариваемой заготовки	Сварка трением			Электростыковая сварка		
	a	b	c	a	b	c
10 - 18	1	1,5	1,5	4	2	1,5
18 - 30	1,5	2	1,5	4	3	1,45

Т а б л и ц а 1.9

Рекомендуемые режимы для сварки трением

Диаметр заготовки под сварку, мм	Частота вращения рабочего шпинделя, об/мин	Осевая сила		Машинное время	
		Подогрев, кН	Осадка, кН	Подогрев	Осадка
10 - 12	1500	100	150	5	2
13 - 15	1500	160	300	7	2
16 - 19	1500	270	420	9	3
20 - 21	1500	290	480	10	3
22 - 23	1500	350	580	10	3
23 - 24	1500	410	690	11	3
25 - 26	1500	470	770	11	3
27 - 28	1500	540	880	12	4
29 - 30	1500	650	1000	12	4

В начале операции к торцам заготовок прикладывается осевое давление нагрева p_n (см. рис.1.10), затем, когда оно достигнет установленного значения (за 0,3 - 4 с), начинается вращение заготовок. Частота вращения заготовок от нуля до номинального значения нарастает за 0,15 - 0,2 с. По истечении установленного времени подогрева производят резкое повышение осевой силы до величины $p_{ос}$ и прекращают относительное вращение заготовок. Для получения качественного соединения делается определенная выдержка под давлением осадки, затем происходит сброс давления и система возвращается в исходное состояние для повторения цикла сварки.

Все сварочные машины трения в инструментальном производстве работают в автоматическом или полуавтоматическом режиме.

Тепловыделение на поверхности трения при двухступенчатой схеме приложения давления неравномерно. В начале интенсивно нагревается кольцевая зона с текущим радиусом 0,35 - 0,65 от наружного радиуса стержня. По мере осуществления процесса температуры в зоне стыка выравниваются. Этому также способствует перемещение более нагретых средних и центральных слоев к относительно холодной периферии. Время выравнивания температуры по торцу зависит от многих факторов и для заготовок диаметром 10 - 40 мм составляет 0,5 - 10 с. Температура мало изменяется при дальнейшем осуществлении процесса и составляет в среднем 1200 - 1300°C.

В процессе нагрева в стыке образуется промежуточный слой, свойства которого определяют прочность соединения заготовок. Твердость этого слоя после охлаждения на воздухе составляет HRC 60 - 64, после отжига его твердость снижается до HRC 30 - 32. После отжига и углеродной диффузии в стыке наблюдается ферритная прослойка шириной 0,1 - 0,15 мм. Для получения соединения хорошего качества необходимо промежуточный слой удалить еще при сварке. Выдавливание этого промежуточного слоя в грат происходит при достаточном усилии осадки заготовок. Подробные рекомендации по режимам сварки трением для разных сочетаний инструментального и конструкционного материала приведены в [2].

В целом метод сварки трением позволяет получить хорошую соосность заготовок, высокое качество сварного шва, машины потребляют мало мощности и имеют высокую производительность. По сравнению со стыковой контактной сваркой обеспечиваются улучшенные гигиенические условия на рабочем месте, поэтому установка для сварки трением может быть расположена непосредственно на участке механической обработки. К недостатку метода относится то, что сваркой трением можно соединять заготовки инструмента только с круглым сечением.

1.5. ОТЖИГ СВАРНЫХ ЗАГОТОВОК

Все заготовки после сварки обязательно подвергаются отжигу. Цель этой операции – устранение остаточных напряжений, возникающих при сварке, а также уменьшение твердости в зоне сварного шва.

В некоторых случаях производят сокращенный изотермический отжиг, основанный на использовании накопленного тепла в сварочном шве. Он проводится по следующему режиму: в печь, нагретую до 840 – 870°C, непосредственно после операции сварки загружают заготовки, выдерживают 2 – 4 ч, затем охлаждают с печью до 400 – 500°C со скоростью 20 – 30°C/ч, после чего их выгружают на воздух.

При нормальном отжиге уже остывшие заготовки подвергаются термообработке по режимам, принятым для быстрорежущей стали. Сваренные заготовки нагревают до 850°C в течение 8 – 10 ч, затем делается выдержка в течение 2 ч. После этого заготовки медленно охлаждаются 10 – 12 ч до температуры 500°C, после чего их выгружают из печи. Отжиг считается правильным, если твердость в месте сварного шва по быстрорежущей стали не превышает НВ 240.

1.6. УДАЛЕНИЕ СВАРОЧНОГО ГРАТА И ПРАВКА ЗАГОТОВОК

После сварки по периферии сварочного шва образуется наплыв металла (грата), который перед механической обработкой заготовок обязательно удаляют. В мелкосерийном производстве грат удаляют на токарных или шлифовально-обдирочных станках. В массовом и крупносерийном производстве инструмента сваренные заготовки продавливают на прессе через матрицы соответствующих размеров (рис. 1.11).

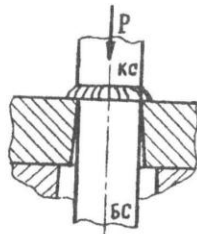


Рис. 1.11. Схема удаления сварочного гра-та штамповкой

Несмотря на предосторожности, часть сваренных заготовок стержневого инструмента получается искривленной. Правка таких заготовок производится на ручных, винтовых или гидравлических прессах. Заготовки сечением до 20 мм при кривизне до 2 мм можно править в холодном состоянии. Более крупные заготовки, а также имеющие кривизну более 2 мм, правятся в горячем состоянии после нагрева до 700°C.

1.7. НАПЛАВКА ИНСТРУМЕНТА БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛЬЮ

На корпусе инструмента из углеродистой стали фрезируются канавки в тех местах, где должны быть режущие зубья. Затем в канавках наплавляется слой быстрорежущей стали (рис. 1.12), после чего производят отжиг и выполняют основные формообразующие операции, как на обычной заготовке. Заготовки под наплавку обычно изготавливают из стали 40Х, которая обладает достаточной прочностью, легко сваривается с быстрорежущей сталью и не чувствительна к перегреву, что важно для последующей термообработки заготовок. Длина наплавляемых заготовок обычно определяется из расчета получения нескольких инструментов типа цилиндрических или дисковых фрез после резки заготовки с наплавленными зубьями. При этом следует учесть, что оба конца цилиндрической заготовки длиной примерно по 20 мм после наплавки должны быть удалены.

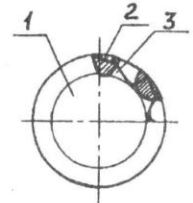


Рис. 1.12. Схема наплавки зубьев инструмента:
1 – корпус заготовки;
2 – наплавленный слой;
3 – режущий зуб инструмента

Хотя наплавленный слой имеет литую структуру, она существенно отличается от структуры слитков. Это обусловлено тем, что металл, расплавленный электрической дугой, находится в жидком состоянии очень непродолжительное время. Наплавленный слой быстро остывает вследствие своего небольшого объема и интенсивного теплоотвода в материал заготовки. В результате обеспечивается однородность структуры и свойств наплавленного металла.

Для изготовления инструмента используют ручную, полуавтоматическую и автоматическую электродугую наплавку.

Ручную наплавку применяют при изготовлении резцов и режущих – многолезвийного инструмента типа фрез. Наплавку производят электродом из быстрорежущей стали диаметром 3 – 8 мм с обмазкой, которая стабилизирует горение электрической дуги, создает газовую защиту и компенсирует выгорание легирующих элементов. В зависимости от требуемой высоты зуба режущего инструмента наплавку производят в один, два или три слоя. Операцию проводят на оборудовании, обычно применяемом для ручной дуговой сварки. Ручная наплавка обладает простотой и универсальностью, однако отличается нестабильным качеством наплавленного слоя, которое сильно зависит от квалификации рабочего-сварщика.

Автоматическая наплавка производится голым электродом из быстрорежущей стали, который непрерывно подается в зону горения дуги с помощью роликов сварочной головки. При этом сварочная

головка равномерно перемещается вдоль заготовки с заданной скоростью V (рис 1.13). Перед электродом подается легирующий флюс

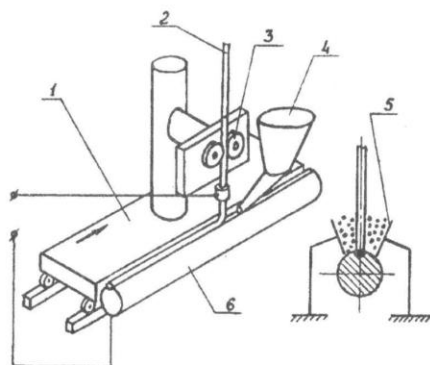


Рис. 1.13. Схема установки для автоматической наплавки:
1 - сварочный трактор; 2 - электрод; 3 - подающие ролики; 4 - бункер для подачи флюса; 5 - щитки для удержания флюса; 6 - заготовка

из бункера, который также выполняет защитные функции и стабилизирует горение дуги. При наплавке часть флюса расплавляется, образуя шлаковую корку, которая легко удаляется с поверхности заготовки. Длина наплавляемых заготовок не должна превышать 800 мм, так как при более длинных заготовках возможно их коробление и неравномерная наплавка. В качестве установки для монтажа сварочного автомата часто применяют универсальные фрезерные станки. Если дополнительно воспользоваться делительной головкой, кинематически связанной с движением перемещения заготовки, то возможна наплавка винтовых зубьев инструмента.

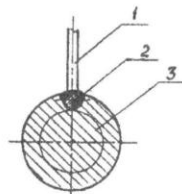


Рис. 1.14. Схема наплавки с закладным электродом:
1 - электрод; 2 - пруток из быстрорежущей стали; 3 - заготовка

Для получения более качественного наплавленного слоя используют наплавку с закладным электродом (рис.1.14). В канавку заготовки на всю длину укладывается зачищенный пруток из быстрорежущей стали и прихватывается к корпусу заготовки примерно через каждые по 10 - 15 мм. После этого производят наплавку в обычном порядке. После изготовления инструмента его режущие зубья практически не отличаются по составу и свойствам от стандартной быстрорежущей стали. Возможен ва-

риант наплавки, когда в канавки заготовки закладывается паста, содержащая необходимые легирующие элементы, а наплавка проводится обыкновенной малоуглеродистой проволокой. Такой наплавкой можно получить слой металла с заданным химическим составом, при этом высота наплавляемых зубьев может составлять до 25 мм. После операции наплавки заготовки подвергаются отжигу по режимам, принятым для быстрорежущей стали.

По эксплуатационным качествам наплавленный инструмент не уступает монолитному, при этом экономия быстрорежущей стали достигает 80 - 90%.

1.8. КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ ЗАГОТОВОК

Контроль заготовок осуществляется, как правило, следующим образом:

а) визуальный наружный осмотр - 100%. Заготовки, имеющие непровар, трещины, шлаковые включения, поры в зоне сварного шва, а также эксцентриситет частей заготовки более 1 мм, бракуются;

б) замеры длины заготовки и ее прямолинейности - 100%;

в) проверка прочности сварного шва путем удара о ребро массивной плиты с поворотом на 180° - выборочно;

г) определение механических свойств металла сварного шва, металлографический анализ его структуры - выборочно по требованию ОТК;

д) проверка на трещины и шлаковые включения ультразвуковым контролем, с помощью вихревых токов или другими методами - выборочно.

2. НЕРАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН С КОРПУСОМ ИНСТРУМЕНТА МЕТОДОМ ПАЙКИ

2.1. НАПАЙКА ПЛАСТИНОК ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ

Напайка пластинок применяется при изготовлении резцов и многолезвийных инструментов. Сущность способа заключается в том, что в державке или корпусе из конструкционной стали делают гнезда, в которые вставляют и закрепляют различными припоями пластинки из быстрорежущей стали. Особенность процесса состоит в том, что пластинки необходимо сначала припаять и только потом производить их закалку, так как, если припаять уже закаленные пластинки, то при нагреве под пайку твердость их снизится, а следовательно, ухудшатся режущие свойства. Или же пайка должна

производиться низкотемпературными припоями, прочность которых недостаточна.

В настоящее время в зависимости от состава припоев и особенностей выполнения операции существуют следующие способы пайки быстрорежущих пластинок: пайка сварочными порошками и пайка припоем ГФК.

2.1.1. Пайка сварочными порошками

Пайка резцов и другого однолезвийного инструмента. Для пайки пластинок к державкам резцов применяется сварочный порошок следующего состава:

ферромарганец марок Мн1 и Мн2 – 70%;
бура техническая плавная – 30%.

Нагрев резцов в процессе пайки производится в печах, на электродных сварочных машинах или машинах для точечной сварки.

В гнездо под пластинку насыпается сварочный порошок слоем в 1 мм. После укладки пластинки зазор между торцовыми поверхностями пластинки и стенками паза заполняется сварочным порошком. При пайке в печи резец нагревается до температуры 850 – 900°C в первом окне, во втором окне резец доводится до температуры 1180 – 1190°C, при которой сварочный порошок расплавляется. Пластинку прижимают к державке и выдерживают до затвердевания припоя. Резец с припаянной пластинкой отжигается, закаливается по режиму закалки быстрорежущей стали и затачивается.

Пайка многолезвийного инструмента. Сварочный порошок из ферромарганца обеспечивает очень прочное крепление пластинок, однако образующийся шов практически не поддается обработке резанием. Поэтому для пайки многолезвийного инструмента применяется иной сварочный порошок, который образует шов, хорошо поддающийся обработке резанием после отжига паяных заготовок. В состав порошка входят: ферросилиций (38%), сода техническая (10%), медная стружка (10%), стальная малоуглеродистая стружка (10%), бура плавная (32%). К порошку добавляется водный раствор жидкого стекла для получения тестообразной пасты, которая наносится слоем 1...1,5 мм на поверхности пластинки и паза в корпусе.

Ножи и пазы в корпусе обычно имеют клиновидную форму; размеры их выдерживаются с расчетом образования зазоров по бокам величиной 0,15 мм и по дну паза – 1...1,5 мм. После нанесения пасты пластинки легкими ударами молотка запрессо-

вываются в пазы. Инструмент в собранном виде обвязывают мягкой проволокой и просушивают в теплом месте в течение 2...3 ч.

Процесс пайки начинается с нагревания инструмента в электрической печи до 700 – 800°C, после чего он нагревается до 1280°. Чтобы в момент схватывания припоя пластинки заняли расчетное положение, осевой инструмент, вынутый из печи, с помощью специального изогнутого Г-образного стержня тут же 5...8 раз прокатывается на специально подогретой металлической плите.

Заготовки с припаянными пластинками подвергаются отжигу, механической обработке, закалке, заточке и доводке.

2.1.2. Пайка припоем ГФК

В состав припоя ГФК входит шесть компонентов:
медь марок М1, М2, М3 – 73 – 74%;
никель марок НО, Н, Н2 – 4 – 5%;
малоуглеродистая проволока – 5 – 7%;
ферромарганец марок МнО, Мн1, Мн2 – 5 – 6%;
ферросилиций марок Си90, Си75 – 3 – 4%;
цинк кусковой марок Ц1, Ц2 – 6 – 8%.

Припой ГФК обладает хорошей жидкотекучестью и высокой смачивающей способностью. Он быстро затвердевает. Сам припой и шов, образованный им, хорошо обрабатываются резанием. Прочность припоя при нагревании сохраняется до 800°C; температура плавления 935°C. Паяное соединение выдерживает без разрушения нагрев до 1300°.

Особенность пайки припоем ГФК заключается в том, что эта операция совмещается с операцией закалки инструмента. Припой ГФК можно использовать при пайке пластинок к резцам, хвостовиков к стержневым инструментам, однако наиболее часто он применяется при пайке пластинок многолезвийных режущих инструментов.

Существенное значение имеет крепление пластинок к корпусу перед пайкой. Оно должно быть простым и достаточно надежным, чтобы выдерживать нагрузки при обработке инструмента резанием, производимым перед пайкой.

В тех случаях, когда быстрорежущие пластинки закрепляются в открытых пазах, наилучшим является крепление с помощью конических штифтов (рис.2.1). Отверстия под штифты в пластинках и корпусе инструмента сверлятся одновременно с помощью специальных приспособлений. Одновременно производится и развертывание отверстий коническими развертками, а затем в отверстия запрессовываются конические штифты.

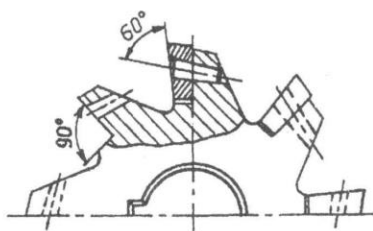


Рис. 2.1. Крепление режущих пластин коническими штифтами в пазах корпуса фрезы

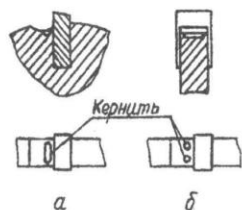


Рис. 2.2. Дополнительное крепление режущих пластин кернением: а - продольным; б - точечным

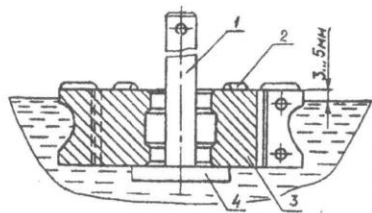


Рис. 2.3. Пайка припоем ГФК в соляной (хлорбариевой) ванне: 1 - технологическая оправка; 2 - припой; 3 - инструмент; 4 - опорный фланец

Инструмент 3 устанавливается на специальную оправку 1 с опорным фланцем 4 на торцовую поверхность инструмента. На место контакта пластин быстрорежущей стали с корпусом укладываются куски припоя ГФК (на рис. 2.3 обозначены цифрой 2), вес которых

Иногда перед сверлением и развертыванием конических отверстий пластины предварительно прихватываются к корпусу электросваркой. При этом необходимо учесть, что места пластинок, на которых в последующем должны образоваться режущие кромки, не должны подвергаться воздействию электросварки.

В закрытые паза корпуса (например, при изготовлении дисковых фрез) быстрорежущие пластинки целесообразно запрессовывать, для чего обычно используется прессовая посадка. После прессования у фрез толщиной 10 мм и более обязательно производится кернение корпуса возле пластинок (рис.2.2).

После закрепления пластинок заготовки инструмента подвергаются окончательной механической обработке, а затем производится пайка с одновременной закалкой.

В зависимости от конструкции и габаритов инструмента пайка припоем ГФК осуществляется различными способами: в электрических печах с восстановительной атмосферой, на установке ТВЧ, в хлорбариевых ваннах.

Наиболее качественная пайка получается в хлорбариевых ваннах, которая выполняется следующим образом (рис.2.3).

Инструмент помещается в соляную ванну с температурой 820...840°C, выдерживается до полного прогрева всего корпуса и режущей части и переносится в хорошо раскисленную хлорбариевую ванну с температурой 1270...1290°C. Уровень ванны должен быть на 3...5 мм ниже торца инструмента, на котором находится припой. Через несколько минут, когда корпус и пластинки прогреются примерно до 1100°C, инструмент погружается в ванну полностью и выдерживается там столько времени, сколько требуется для расплавления припоя и окончательного нагрева под закалку, определяемого маркой быстрорежущей стали.

Далее следует быстрое охлаждение в соляной ванне до 560°C и окончательное охлаждение на воздухе. После промывки в горячей воде инструмент подвергается двух-трехкратному отпуску при температуре 560...570°C. Дальнейшая технология предусматривает заточку и доводку так же, как и соответствующего монолитного инструмента.

2.2. ПАЙКА ПЛАСТИНОК ИЗ ТВЕРДОГО СПЛАВА

В настоящее время достаточно большое количество твердосплавных инструментов изготавливается методом пайки: к корпусам инструмента из конструкционной или углеродистой инструментальной стали припаиваются режущие пластинки необходимой формы и размеров из твердого сплава. Работоспособность напайного твердосплавного инструмента существенно зависит от качества пайки; следовательно, операции пайки пластинок твердого сплава в инструментальном производстве должно уделяться большое внимание.

2.2.1. Способы пайки

Существует несколько способов пайки, которые отличаются в основном методом нагрева инструмента: печная пайка осуществляется в специальных печах; индукционная - с помощью токов высокой частоты (ТВЧ); контактная - на машинах для электростыковой сварки; пайка в пламени ацетиленовой горелки; пайка погружением в расплавленный припой; пайка погружением в расплавленные соли.

Независимо от способа пайки имеются общие вопросы, без знания которых невозможно добиться высокого качества напайного твердосплавного инструмента.

2.2.2. Общие требования к соединяемым поверхностям паяного инструмента

Требования, предъявляемые к соединяемым поверхностям, следующие:

1) пластинки, подлежащие пайке, должны быть тщательно осмотрены и проверены. Пластинки с трещинами, расслоем, вспучиваниями и сколами должны быть забракованы. Глубина выкрашивания не должна превышать 0,2 мм на рабочих кромках пластин, 0,5 мм – на нерабочих;

2) поверхности, по которым образуется паяный шов должны быть ровными и иметь параметры шероховатости не ниже $Rz = 20...40$ мкм. Применение пластин с короблением более 0,05 мм приводит к непропаю;

3) перед пайкой твердосплавной пластины пазы корпуса при наличии загрязнений подвергнуть пескоструйной очистке и промыть в ацетоне или другом органическом растворителе.

2.2.3. Подготовка пластинок под пайку

Для того, чтобы выполнить вышеприведенные требования к соединяемым поверхностям паяного инструмента, твердосплавные пластинки, имеющие коробление, подвергают шлифованию на плоскошлифовальном станке алмазными шлифовальными кругами или химико-механическим способом. Химико-механическое шлифование производится на специальной установке (рис.2.4). Пластинки из твердого сплава, закрепленные с помощью специальной мастики на диске 4, с помощью груза 5 прижимаются к вращающемуся

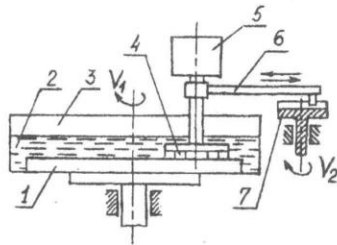


Рис. 2.4. Схема установки для химико-механического шлифования твердосплавных пластинок под пайку:

- 1 - дисковый притир; 2 - раствор медного купороса; 3 - рабочая ванна;
- 4 - диск с закрепленными пластинками;
- 5 - груз; 6 - шатун; 7 - диск с диаметральной пазом

доводочному диску-притиру 1. Диск-притир располагается в ванне из листовой латуни 3, в которую заливается 25...30%-ный раствор медного купороса 2 и засыпается абразивный порошок электрокорунда зернистостью 3...12 или порошок карбида бора такой же зернистости. Вращающийся диск 7 имеет диаметральный паз, в котором с различным эксцентриситетом может крепиться палец шатуна 6, с помощью которого диск 4 совершает возвратно-поступательные движения относительно вра-

щающегося диска-притира 1. Поверхностный слой пластинок твердого сплава, ослабляемый вследствие реакции замещения, происходящей под действием медного купороса, во время которой кобальт в связке замещается медью, легко поддается обработке диском-притиром и абразивными зёрнами, образующимися с раствором медного купороса суспензию. В результате одновременного химического и механического воздействия происходит интенсивная обработка пластинок твердого сплава без их нагрева.

Чтобы на поверхности пластинок не остался измененный химической реакцией дефектный слой, значительно ослабляющий прочность паяного шва, окончательно обрабатывать пластинки следует на этой же или другой установке, в ванну которой вместо раствора медного купороса заливается простая вода.

Большим преимуществом химико-механического шлифования является то, что на пластинках твердого сплава не образуется трещин и в поверхностных слоях не возникает внутренних напряжений. При шлифовании корундовыми кругами внутренние напряжения неизбежны, а образование трещин и микротрещин в пластинках твердого сплава при любом нарушении режимов шлифования вполне вероятно.

Пластинки для открытых пазов (см. рис.2.5а), например на державках резцов, шлифуются только с одной стороны, а пластинки для полуоткрытых и закрытых пазов (рис.2.5б,а, т.е. фрез, сверл) – шлифуются с двух сторон, при этом выдерживается необходимая толщина пластинок.



Рис. 2.5. Пазы под пайку твердосплавных пластинок:
а - открытый, б - полузакрытый, в - закрытый

После химико-механического или обычного шлифования пластинки обезжириваются в 10%-ном кипящем растворе кальцинированной соды и промываются в воде. Затем их погружают на 10 мин в кипящий раствор, состоящий из 10% обезвоженной буры и 10% обезвоженного фтористого калия. Просушенные после этого

пластинки покрываются тонкой пленкой флюса, который предохраняет их от окисления как до пайки, так и в процессе ее.

Пластинки твердого сплава с ровными опорными поверхностями и короблением менее 0,05 мм можно не шлифовать. Однако они должны быть тщательно очищены на пескоструйной установке и обезжирены промывкой в бензине, четыреххлористом углеводе или кипящем растворе каустической соды.

2.2.4. Подготовка корпусов и сборка инструмента под пайку

Конструкции инструмента имеют разные формы паза под пластинку твердого сплава (см. рис.2.5): открытые (а) – у державки резцов и ножей к сборному инструменту; полуоткрытые (б) и закрытые (в) – в корпусах зенкеров, разверток и фрез.

Размеры и конфигурация пазов должны соответствовать размерам и конфигурации припаяваемых пластинок твердого сплава. Шероховатость плоскости пазов не ниже Ra 5...10, отклонение от неплоскостности в пределах 0,05 мм. Зазор между пластинкой и плоскостями паза не может превышать 0,05...0,15 мм. На кромках пазов не допускаются заусенцы и забоины. Все требования к шероховатости и точности обработки обеспечиваются механической обработкой. Слесарная обработка допускается лишь для снятия заусенцев. Запиловка острых кромок пазов нежелательна, поскольку может привести к появлению консоли и преждевременному разрушению твердосплавной пластины во время эксплуатации инструмента (рис.2.6).

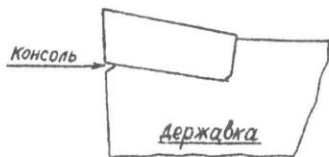


Рис. 2.6. Концентратор напряжений в напайном режущем инструменте при слесарной запиловке острых кромок у опорных поверхностей державок перед операцией пайки

Сборка инструмента под пайку зависит от формы паза и способа пайки. Если паз у однолезвийного инструмента открытый, то пластинка, припой и флюс укладываются в него независимо от способа пайки (за исключением пайки погружением) свободно, без крепления и непосредственно перед пайкой. Если паз полуоткрытый или закрытый, пластинка закрепляется в пазу заранее. Крепление пластинок в закрытые и полузакрытые пазы выполняется по возможности подчеканкой. Во избежание повреждения пластинок твердого сплава операция подчеканки должна производиться очень осторожно. Можно прикреплять пластинки к корпусу инструмента шнуровым асбестом, поскольку обвязка проволокой является недопустимой, так как в местах соприкосновения твердого сплава с проволокой образуются трещины. Кроме того, проволока обычно припаяется к державке и к твердому сплаву. Удаление проволоки после пайки возможно только шлифованием. При этом она быстро нагревается, и от неравномерного нагрева также образуются трещины. Иногда трещины образуются и при быстром охлаждении инструмента, например при закалке корпуса.

Сборка инструмента под пайку зависит от формы паза и способа пайки. Если паз у однолезвийного инструмента открытый, то пластинка, припой и флюс укладываются в него независимо от способа пайки (за исключением пайки погружением) свободно, без крепления и непосредственно перед пайкой. Если паз полуоткрытый или закрытый, пластинка закрепляется в пазу заранее.

Крепление пластинок в закрытые и полузакрытые пазы выполняется по возможности подчеканкой.

Могут применяться и другие способы крепления. Так, винтовые пластинки у многолезвийных инструментов могут крепиться путем заклинивания штифтами (рис.2.7а) или с помощью оставления тех-

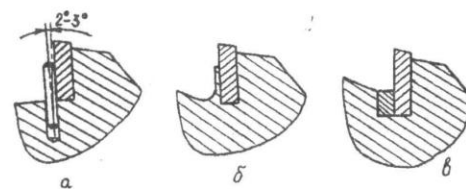


Рис. 2.7. Способы крепления твердосплавных пластинок перед пайкой: а – штифтами; б – технологической стенкой; в – вкладышем из малоуглеродистой стали

нологической стенки толщиной 1...1,5 мм (рис.2.7б). При заточке инструмента технологическая стенка удаляется. Иногда паз под пластинку делается несколько шире, и в него запрессовывается вкладыш из машиноподелочной стали, подчеканкой которого и производится окончательное закрепление пластины (рис.2.7в). При этом везде должны быть обеспечены условия проникновения припоя в шов.

2.2.5. Припой

Прочность паяного соединения определяется главным образом качеством припоя. К нему предъявляются следующие требования:

1) припой должен быть возможно более легкоплавким, так как это снижает внутренние напряжения в паяном инструменте. В то же время желательно учитывать и предполагаемые режимы резания данным инструментом, поскольку последние определяют температуру его распайки;

2) припой в расплавленном состоянии должен обладать достаточной жидкотекучестью и хорошо смачивать твердый сплав и стали, из которых изготавливаются корпуса державок, что способствует образованию сплошного паяного шва;

3) припой должен диффундировать или образовывать твердые растворы как с твердым сплавом, так и с материалом корпуса державки, обеспечивая прочность соединения;

4) припой должен иметь оптимальные механические свойства (прочность и пластичность), гарантирующие надежность крепления пластинок к корпусу или державкам инструмента.

При выборе припоя (табл.2.1) следует обращать внимание на его механические свойства не только при 20°C, но и, главным

образом, при высоких температурах, так как паяный шов на твердосплавных инструментах часто работает в тяжелых условиях резания, без охлаждения и нагревается до 600°C и выше. Необходимо учитывать и то, что получить максимальную прочность по всей площади спая невозможно (разная толщина спая, раковины, частичная непропайка и т.д.). Кроме того, из-за различного коэффициента линейного расширения твердого сплава и материала корпусов (державок) в паяном шве при охлаждении могут возникать значительные остаточные напряжения.

Поэтому при получении расчетного напряжения табличные значения прочности припоя следует умножать на коэффициент запаса прочности K , значение которого при нормальных условиях работы твердосплавного инструмента принимается равным 0,6...0,7, а при работе с динамическими нагрузками – 0,4...0,3.

Особое внимание следует обратить на прочность латунного припоя, который несмотря на низкую стоимость и высокие технологические свойства, рекомендуется применять лишь при изготовлении твердосплавного инструмента, работающего с небольшой тепловой нагрузкой.

Во всех случаях в процессе пайки необходимо правильно дозировать припой, так как при недостаточном количестве припоя шов может оказаться незаполненным, а при избытке образуются подтеки, которые, помимо увеличения расхода припоя, затрудняют обработку инструмента после пайки. Оптимальная толщина шва – 0,1 мм.

Т а б л и ц а 2.1

Марки припоев для пайки твердосплавных пластин

Марка припоя	Температура плавления припоя T , °C	Относительная растекаемость Кр, %	Прочность шва на срез, МПа	Условия работы	Инструмент
МНМц 68-4-2	915-975	235	206	Обычные	Токарные резцы, фрезерные ножи, концевой инструмент
ЛМцЖ 57-1,5-0,75	865-873	224	206	Обычные	То же
П102	650-900	–	216-225	Обычные	То же
ЛНМц 0,6-4-2	1050-1070	186	235	Тяжелые	Токарные резцы, фрезерные ножи
Л63	898-905	100	167	Обычные	То же

2.2.6. Флюсы

Флюсы служат для удаления оксидов и загрязнений с соединяемых пайкой поверхностей, для улучшения смачиваемости спаиваемых материалов и предохранения их от вторичного окисления в процессе пайки. Температура плавления флюса должна быть на 3...5°C ниже температуры плавления припоя. Флюс должен быть химически активным к оксидам соединяемых материалов и пассивным к основному металлу.

Фтористые соединения служат для разрушения оксидов титана и вольфрама.

Наиболее эффективно применение флюса Ф100, однако его недостаток – повышенная токсичность (табл.2.2). Использование флюса, состоящего наполовину из буры и наполовину из флюса Ф100, позволяет не только расширить температурный интервал активности, но и уменьшить токсичность.

Т а б л и ц а 2.2

Флюсы для пайки режущих пластин

Флюс	Составляющие компоненты	Содержание, %	Температурный интервал, °C
Бура	Бура ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$)	100	800-1100
Ф100	Бура Оксид кобальта Оксид вольфрама Фторобат калия	32-36 2-3 14-16 остальное	850-1000
Флюс ВНИИ	Бура Борный ангидрид Фтористый кальций	69-73 21-22 5-10	650-1300
№200	Бура Борный ангидрид Фтористый кальций	19-21 68-72 8-10	850-1150
№201	Бура Борный ангидрид Фтористый кальций Лигатура (Al, Cu, Mn)	13-15 79-81 5-6 0,4-0,6	850-1150

Флюсы обычно применяются в виде порошков при внесении непосредственно в момент пайки или в виде горячих насыщенных водных растворов для предварительной обработки пластинок, корпусов и инструментов в сборе.

2.2.7. Технология пайки металлокерамических пластинок

Пайка пластинок твердого сплава существенно отличается от пайки пластинок из быстрорежущей стали. Основной отличительной особенностью пайки пластинок твердого сплава является то, что соединяемые материалы совершенно различны не только по химическому составу, но и по физико-механическим свойствам:

а) пониженная теплопроводность в сочетании с повышенной хрупкостью твердых сплавов делает их очень чувствительными к резким перепадам температур и служит причиной образования трещин при ускоренных нагреве и охлаждении пластинок твердого сплава;

б) значительная разница коэффициентов линейного расширения твердых сплавов и сталей при охлаждении после пайки приводит к возникновению значительных напряжений в паяном шве и в приграничных слоях пластинки твердого сплава и державки. При определенных условиях эти внутренние напряжения могут привести к разрыву паяного шва или образованию трещин в твердом сплаве.

При нагреве на воздухе твердых сплавов процесс окисления протекает особенно интенсивно при температуре 950–1000°C. Образующаяся пленка оксидов обладает очень низкими механическими свойствами. Поэтому тщательная очистка пластинок перед пайкой и надежное предохранение их от окисления в процессе пайки являются непременным условием качественной пайки.

Рассмотрим основные способы пайки.

Пайка в газовых и нефтяных печах в настоящее время практически не применяется, поскольку предполагает пайку без защитной атмосферы, что приводит к значительному окислению поверхности твердосплавных пластин, особенно при больших размерах инструмента, когда требуется длительное время для прогрева его корпуса. В связи с этим большее распространение получил способ пайки в электрических печах с газовой восстановительной средой.

Пайка в электропечах с газовой восстановительной средой. Электрическая печь состоит из камеры нагрева, где поддерживается рабочая температура $T = 1100...1150^\circ\text{C}$, камеры охлаждения, наружные стенки которой охлаждаются проточной водой, и приемной и выпускной камер. Для создания в печи восстановительной газовой среды применяется очищенный от примесей водород. Часто его заменяют продуктами диссоциации аммиака, так как аммиак дешевле водорода, менее взрывоопасен и более транспортабелен. Расщепление аммиака происходит в диссоциаторе. В технологическом процессе контролируются три величины: давление газа (маномет-

ром), расход газа (расходомером) и температура в камере (термопарой).

Технология пайки в электропечах с газовой восстановительной средой:

1) гнездо корпуса посыпают флюсом, накладывают припой в виде фольги, твердосплавную пластинку и закрепляют их в этом положении асбестовым шнуром;

2) ставят державки в окно печи на жароупорные листы. В этот момент температура печи 850...900°C. Затем температуру постепенно поднимают до температуры, превышающей температуру плавления припоя на 10...20°C. После 10-минутной выдержки инструмента при этой температуре ее снижают до 950°C;

3) в течение 25 – 30 мин резцы охлаждаются вместе с печью до $T = 400^\circ\text{C}$ и помещаются в стальные ящики с кварцевым песком, где выдерживаются в течение 4...6 ч при вышеуказанной температуре для удаления (либо снижения) внутренних напряжений, возникших при пайке;

4) контроль качества пайки производится на свидетелях на разрыв, а также методом расклинивания.

Внешним осмотром устанавливают непрерывность паяного шва. Разрывы не должны превышать 15%.

Пайка на стыковых электросварочных аппаратах (контактная пайка). На стыковых электросварочных аппаратах обычно паяют простой инструмент с открытым пазом (резцы, ножи к сборному инструменту и т.д.). Пайка может производиться на сварочных аппаратах АСА-60, АСА-80, АСТ-25 и др. Инструмент и электрод устанавливаются в зажимах стыкового электросварочного аппарата (рис.2.8).

Технология контактной пайки. В гнездо корпуса инструмента насыпают флюс и включают ток. После расплавления флюса ток выключают и с помощью металлической щетки очищают его остатки. Затем вторично наносят свежий флюс, с помощью пинцета кладут припой и припаяваемую пластину. После этого периодически включают и выключают ток для равномерного прогрева места спаивания. Непосредственно перед расплавлением припоя производится длительное включение тока. После расплавления припоя ток выключается, а твердосплавная пластинка прижимается к державке. Конец прижима, с помощью которого оператор придерживает и устанавливает твердосплавные пласти-

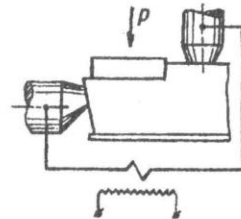


Рис. 2.8. Схема пайки на стыковом электросварочном аппарате

ны, делается заостренным, чтобы уменьшить теплоотвод и предохранить пластинку от возникновения трещин. Прижим пластины продолжают до полного застывания припоя, после чего инструмент помещают на 5–6 ч в термостат с подогретым до 400°C песком для медленного остывания и уменьшения внутренних напряжений.

Индукционная пайка. Наиболее совершенным способом является индукционная пайка, дающая возможность быстро и качественно производить пайку пластинок как к простому инструменту (резцы, ножи), так и к сложному, многолезвийному (зенкеры, развертки, фрезы, сверла и т.п.). Индукционная пайка по сравнению с печной обеспечивает в 2...2,5 раза более высокую прочность и стабильность качества паяного шва.

Кроме того, индукционная пайка обладает и другими преимуществами, а именно:

- высокая точность базирования;

- бесшумность оборудования;

- быстрый нагрев инструмента до требуемой температуры, что уменьшает опасность окисления спаиваемых поверхностей;

- минимальная энергоемкость процесса, легкость встраивания в автоматический цикл;

- температура нагрева инструмента поддается быстрому и точному регулированию;

- высокая производительность;

- возможность наблюдения за процессом расплавления флюса и припоя;

- возможность совмещения процесса пайки и термической обработки корпуса или державки инструмента;

- возможность производить пайку пластинок на каленый корпус или державку, которые благодаря местному нагреву подвергаются лишь незначительному отпуску.

При индукционной напайке нагрев инструмента производится с помощью индуктора, подключенного к высокочастотному генератору. В индукторе образуется магнитное поле, направление силовых линий которого меняется с высокой частотой. В результате в металлических и других токопроводящих деталях, помещенных в индуктор, наводится переменный электрический ток, разогревающий их. При этом для предотвращения трещинообразования индуктор следует расположить так, чтобы нагревался лишь корпус инструмента, а твердосплавная пластинка нагревалась лишь за счет теплопроводности. В связи с этим, индуктор необходимо изготавливать или подбирать с таким расчетом, чтобы витки его располагались параллельно линиям спаев пластинок с державкой и зазор между витками индуктора и корпусом инструмента был не менее 10 мм.

Технология индукционной пайки:

1) пайка пластинок у однолезвийных инструментов производится с помощью простого петлевого индуктора (рис.2.9). При массовом производстве инструмента целесообразно делать петлевой индуктор удлиненной формы (рис.2.10), когда инструмент движется относительно индуктора, что позволяет значительно повышать производительность пайки, так как инструменты закладываются в индуктор последовательно и в то время, как одни только начинают нагреваться, другие оказываются уже нагретыми до нужной температуры. При этом процесс напайки ведется практически непрерывно.

Пайка пластинок у многолезвийных инструментов может также производиться последовательно с помощью простых петлевых индукторов (рис.2.11а) или одновременно с помощью индукторов сложной формы (рис.2.11б);

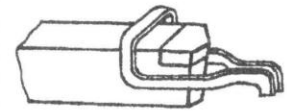


Рис. 2.9. Петлевой индуктор для пайки однолезвийных инструментов

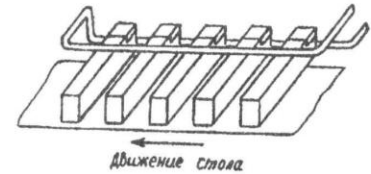


Рис. 2.10. Удлиненный петлевой индуктор для пайки многолезвийных инструментов

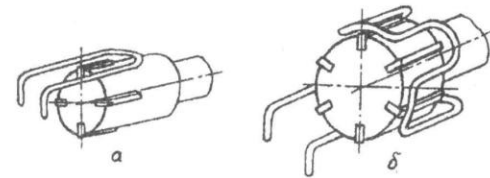


Рис. 2.11. Петлевые индукторы для пайки многолезвийных инструментов: а – последовательно, б – одновременно всех зубьев

2) при индукционной пайке многолезвийного инструмента, из-за скорости процесса очистку гнезда производить практически невозможно, и пластинки с державками должны быть полностью очищены до пайки, что достигается кипячением их в насыщенном растворе буры, иногда с добавлением фтористых соединений. Для пайки простого инструмента пластинки и державки очищаются отдельно, а многолезвийный инструмент целесообразно после раздельной очистки собрать, закрепить пластинки (обвязкой или за-

чеканкой) и уже в собранном виде снова прокипятить в насыщенном растворе буры, что при просушивании обеспечивает выпадение равномерного слоя флюса по всем поверхностям, соединяемым пайкой;

3) после расплавления припоя твердосплавную пластинку по возможности выставляют (поправляют) в нужное положение металлургическим стержнем, прижимая ее к опорным плоскостям;

4) после пайки инструмент помещают в стальные ящики с кварцевым песком и выдерживают в течение 4...6 ч при $T = 400^{\circ}\text{C}$ для удаления либо снижения внутренних напряжений, возникших при пайке;

5) контроль качества пайки производится на образцах-свидетелях на разрыв, а также методом расклинивания. Внешним осмотром устанавливают непрерывность паяного шва, разрывы которого не должны превышать 15%;

6) после охлаждения инструменты подвергаются кипячению в 10–12%-ном растворе каустической соды с последующей промывкой в теплой воде. Этой операцией достигается химическое разложение флюса и шлака на поверхности инструмента. Окалина и остатки флюса снимаются пескоструйной очисткой.

Если необходима термическая обработка корпуса, нагрев под закалку производят одновременно с пайкой. После расплавления припоя часть инструмента, требующая закалки, разогревается в индукторе до температуры закалки. Затем инструмент берут за рабочую часть и опускают в масляную или солевую ванну так, чтобы его рабочая часть с пластинками твердого сплава была выше уровня масла на 5...7 мм. После охлаждения режущей части до темного цвета, что соответствует примерно температуре 500°C , инструмент помещают в печь для отпуска.

Выполнение операции закалки отдельно от операции пайки пластинок с повторным нагревом корпуса недопустимо, так как это приводит к образованию трещин на пластинках твердого сплава и частичному окислению паяного шва, что резко снижает прочность инструмента.

Рассмотрим некоторые особенности процесса пайки индуктивным способом:

а) пайка таблетированным припоем наиболее проста. На пластинку твердого сплава, свободно уложенную или закрепленную предварительно в пазу корпуса, укладывается таблетка, содержащая необходимую дозу припоя и флюса. При нагреве до температуры плавления флюса последний плавится и растекается, смачивая поверхность пазы и пластинки, растворяя имеющиеся на них окислы и предохраняя от их образования при дальнейшем нагреве. С повышением температуры начинает расплавляться припой, который

благодаря флюсу легко растекается и заполняет зазор между опорными поверхностями пазы и пластинки, вытесняя флюс. После этого инструмент из зоны нагрева удаляют, при необходимости подправляют пластинку в пазу и прижимают к корпусу с помощью заостренного прутка-прижима. Если производится пайка однолезвийного инструмента, то он сразу же после затвердевания припоя помещается в термостат с температурой $300\text{--}400^{\circ}\text{C}$ для постепенного охлаждения, предотвращающего образование трещин на пластинках и уменьшающего внутренние напряжения в них и в паяном шве. Многолезвийный инструмент после напайки одной пластинки поворачивается таким образом, чтобы при пайке следующего зуба зазор между корпусом и пластиной занимал вертикальное положение и сила тяжести способствовала его заполнению припоем. По окончании пайки инструмент также помещается в термостат;

б) пайка пластинчатым припоем. В паз корпуса насыпается слой флюса, укладывается пластинка припоя и поверх нее еще слой флюса, на который укладывается пластина твердого сплава. На пластинку насыпается смесь флюса с опилками или стружкой припоя, после чего инструмент вводится в индуктор, и дальнейшая пайка производится в том же порядке, что и при напайке таблетированным припоем;

в) пайка ленточным припоем отличается от предыдущих тем, что в паз корпуса насыпается только слой флюса. Инструмент с уложенной на флюс пластинкой твердого сплава вводится в индуктор, нагревается до расплавления флюса и далее до температуры пайки. Затем к пластинке подводится лента припоя, которая плавится, заполняя зазоры между пластинкой и пазом корпуса. Напайка ленточным припоем значительно упрощает подготовительные операции, не требует высокой квалификации рабочего.

При последовательной напайке пластинок многолезвийный инструмент поворачивают вокруг оси, в связи с чем применение порошкообразного флюса создает неудобство в работе. Поэтому порошок флюса рекомендуется смешивать с вазелином. При этом получаемая густая масса хорошо удерживается на инструменте.

Инструмент в процессе напайки всегда должен помещаться в индуктор с таким расчетом, чтобы от воздействия токов высокой частоты нагревался только корпус недалеко от пластинки, а сама пластинка твердого сплава и место пайки нагревались вследствие теплопроводности.

Пайка погружением в расплавленные соли. Инструмент с закрепленными в пазах пластинками твердого сплава и с заложением в них припоем постепенно погружается в расплав солей, нагретый на $40\text{--}60^{\circ}\text{C}$ выше температуры плавления припоя. В ванне про-

исходит равномерный нагрев корпуса и всех пластинок одновременно, что способствует повышению качества пайки. Кроме того, данный способ обладает и другими преимуществами:

точно выдерживается температурный режим, так как температура расплавленных солей легко контролируется и регулируется; расплавленные соли хорошо защищают инструмент в процессе пайки от воздействия кислорода воздуха;

обеспечиваются высокие производительность и качество шва у многолезвийных инструментов;

легко осуществляется закалка корпуса инструмента одновременно с пайкой пластинок.

Технология пайки погружением в расплавленные соли:

1) предварительный прогрев и обработка заготовок флюсом. В зависимости от состава расплавленных солей различают две разновидности данного способа напайки.

Нейтральные соли (поваренная соль, хлористый калий), входящие в состав, играют только роль источника тепла при нагреве инструмента. Инструмент, наплавляемый в таких солях, подвергается предварительной очистке и обработке флюсом в собранном виде кипячением в насыщенном растворе буры.

Если в состав расплавленных солей входят активные соли, играющие роль флюсов (бура, фтористый кальций и др.), наплавляемый инструмент после сборки предварительно подвергать кипячению в насыщенном растворе буры необходимости нет.

Для того, чтобы инструмент в процессе напайки нагревался постепенно, его некоторое время выдерживают над поверхностью расплава солей. Инструменты с хвостовиками целесообразно сразу опускать в ванну так, чтобы пластинки твердого сплава оставались над поверхностью расплава;

2) нагрев до температуры расплавления припоя. После предварительного прогрева инструмент погружается полностью и выдерживается до расплавления припоя, который предварительно укладывается тем или иным способом в пазы или закрепляется на пластинках твердого сплава;

3) термообработка корпуса. Если одновременно с напайкой инструмента требуется произвести закалку корпуса, то после окончания пайки и извлечения из расплавленной соли, он погружается в ванну с охлаждающей средой настолько, чтобы она не действовала на пластинки твердого сплава.

На некоторых заводах для пайки многолезвийных инструментов применяют хлорбариевые ванны, служащие для нагрева под закалку инструментов из быстрорежущей стали.

Пайка погружением в расплавленный припой. Пайку погружением в расплавленный припой целесообразно применять при изготовлении многолезвийного инструмента.

Технология пайки погружением в расплавленный припой:

1) инструмент, подлежащий пайке, после сборки очищается и офлюсовывается кипячением в насыщенном растворе буры, иногда с добавками фтористых соединений. Установка для пайки состоит из трех ванн. В первой с расплавленной смесью поваренной соли и хлористого бария ($\text{NaCl} + \text{BaCl}_2$) при температуре $600 \dots 700^\circ\text{C}$ производится предварительный нагрев инструмента. В этой же ванне может производиться и офлюсовывание заготовок в отдельном тигле с расплавленным флюсом. В последнем случае температура ванны соответствует температуре плавления флюса;

2) во второй ванне, содержащей расплавленный припой и поверх его для предохранения от окисления расплавленную соль или флюс, осуществляется операция пайки. Температура в ванне на $30\text{--}60^\circ\text{C}$ выше температуры плавления припоя. Для уменьшения расхода уровень припоя поддерживается таким, чтобы можно было погрузить только режущую часть инструмента с пластинками твердого сплава. А слой расплавленной соли поверх припоя делается таким, чтобы корпус, подлежащий закалке, погружался полностью. В этом случае после окончания пайки инструмент опускается хвостовиком вниз в третью, закалочную ванну, однако пластинки твердого сплава не должны попадать в закалочную среду;

3) после затвердевания припоя инструмент помещают в печь и выдерживают в течение 8 ч при температуре $200\text{--}250^\circ\text{C}$, затем медленно охлаждают вместе с печью для снятия внутренних напряжений;

4) охлажденные инструменты кипятят в 10%-ном растворе каустической соды, очищают на пескоструйном аппарате и направляют на дальнейшую механическую обработку.

Недостатки пайки погружением:

слой припоя покрывает всю часть инструмента, которая попала в расплав;

для очистки от излишков припоя применяют шлифовальные круги, которые быстро "засаливаются" и требуют правки;

повышенный расход припоя;

нетоварный вид инструмента.

Преимущество: высокое качество пайки.

Напайка газовой горелкой является наименее совершенным способом, так как недостаточно гарантирует от окисления спаиваемые поверхности и не позволяет точно выдерживать температурный

режим пайки. Применяется крайне редко при отсутствии необходимого оборудования для пайки другими способами.

2.2.8. Напряжения, возникающие после пайки, и способы их снижения

Известно, что чем тоньше слой припоя, тем шов прочнее. Однако при пайке режущего инструмента малая толщина припоя часто оказывается нежелательной, так как материал державки и твердый сплав имеют резко отличающиеся коэффициенты линейного расширения (для стали $45X-13.4 \cdot 10^{-6}$, для сплава $BK8-6.25 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$). Поэтому непосредственно после пайки в зоне шва могут возникать большие напряжения. Аналогичные напряжения в паяном шве появляются и при работе твердосплавного инструмента в тяжелых температурных условиях. Под действием напряжений возникают деформации прежде всего в самом шве. Если толщина шва мала, а размеры пластинки, наоборот, велики, то пластичность шва окажется недостаточной для компенсации внутренних напряжений и в твердосплавной пластине образуются трещины. Во избежание этого необходимо, чтобы толщина шва была более 0,005 длины припаяваемой пластинки. В то же время, увеличение толщины шва до 0,15 мм и выше приводит к выдавливанию и смятию припоя, потере опоры пластинкой и появлению изгибающих напряжений, и наконец, – к поломке твердого сплава при тяжелых условиях работы.

При пайке пластинок длиной 15...20 мм для получения необходимой толщины шва не требуется специальных мер. При пайке пластинок большего размера между корпусом и пластинкой применяется компенсационная прокладка в виде фольги или мелкой сетки из малоуглеродистой стали либо, что еще лучше, из фольги железоникелевого сплава (пермалоя), искусственно увеличивающая пластичность шва и снимающая внутренние напряжения в данной зоне. Толщина компенсационных прокладок у мелкого инструмента 0,2–0,3 мм, у крупного 0,8–1,5 мм.

Хорошие результаты дает предварительное электролитическое железнение пластинок твердого сплава. Слои электролитического железа на пластинке наносятся из расчета 0,03 мм на каждый миллиметр ее толщины. Железнение предохраняет пластинки от окисления при нагреве под напайку. Прочность сцепления пластинок с корпусом или державкой повышается примерно в три раза по сравнению с пайкой без железнения. Кроме того, слой электролитического железа хорошо выполняет функцию компенсирующей

прокладки. В итоге на железненных пластинках не образуется трещин, а в швах не бывает разрывов.

2.2.9. Контроль качества пайки пластинок твердого сплава

После пескочистки весь напаянный инструмент подвергается тщательному осмотру. Инструмент бракуется при наличии:

- а) сдвигов пластинок в гнезде;
- б) свисания пластинок за пределы державки или выступания из корпуса более чем предусмотрено техническими требованиями;
- в) трещин на пластинках, незаполненных припоем мест, черновин и раковин в зоне шва.

В сомнительных случаях проверка на трещины и дефекты производится методом цветной дефектоскопии. Смесь керосина (80%), легкого минерального масла (трансформаторное или вазелиновое – 15%) и скипидара (5%) окрашивают каким-нибудь жирорастворимым красителем. Рекомендуется судан III (10 г краски на 1 л жидкости) или жировой оранжевый. При введении обеих красок раствор имеет ярко-оранжевый цвет. Для выявления дефектов инструмент погружают в окрашенный раствор или наносят его кисточкой на пластинку. После небольшой выдержки (3–5 мин) поверхность моют струей холодной воды до тех пор, пока весь окрашенный раствор не удалится. На смоченное место инструмента сразу же наносят мягкой кистью или распылением тонкий слой каолина, разведенного в воде (600–700 г каолина на 1 л воды). Побеленную поверхность инструмента сушат в потоке теплого воздуха. Поверхность инструмента рекомендуется слегка нагреть для лучшего выделения оставшегося раствора. Если дефекты есть, на высушенной белой поверхности выступают ярко окрашенные линии, точки, пятна или полосы.

Существует другой способ контроля качества пайки, основанный на принципе облучения пластинок ультрафиолетовыми лучами. Для такой проверки требуется специальный люминесцентный микроскоп. Непосредственно перед проверкой на микроскопе пластинки на 2–3 мин погружаются во флуоресцирующий раствор (10% автола, 90% керосина). Затем пластинки промываются в течение 8–10 с в воде или бензине. Просушенные под вентилятором пластинки покрывают магнетитовой пудрой и облучают ультрафиолетовыми лучами. При рассмотрении в микроскоп пластинки выглядят темно-фиолетовыми, а те места, где есть трещины, ярко светятся (флуоресцируют).

Описанными методами можно также контролировать инструмент после шлифования и заточки.

Кроме выявления дефектов, контроль качества инструмента предусматривает проведение испытаний на прочность пайки. Стопроцентной проверке подвергается однолезвийный инструмент. Его ударяют о кромку плиты верхней плоскостью стержня около головки. При слабой пайке пластинка отделяется. Многолезвийный инструмент на прочность пайки проверяется выборочно легким простукиванием по пластинкам медным или латунным молотком.

3. КЛЕЕСБОРНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Одним из перспективных направлений совершенствования конструкций и технологий изготовления режущего инструмента является применение клеевых соединений.

Замена пайки и сварки склеиванием сокращает расход дефицитных вольфрамсодержащих материалов, снижает трудоемкость изготовления инструмента и обеспечивает следующие технологические и эксплуатационные преимущества:

отсутствие высокотемпературного нагрева при изготовлении инструмента (температура отверждения +20...250 °С в зависимости от марки клея);

простота технологии склеивания, не требующая квалифицированного персонала;

несложная и недефицитная технологическая оснастка;

экономия инструментальных материалов;

отсутствие (в сравнении с пайкой) внутренних напряжений, связанных с высокотемпературным нагревом;

демпфирующие свойства клеевого шва, способствующие снижению уровня вибраций, что уменьшает шероховатость обработанных поверхностей и повышает стойкость инструмента до 1,5 раз.

К недостаткам клееборных соединений следует отнести недостаточную теплостойкость клеев и низкую ударную вязкость.

Опыт изготовления клееборного режущего инструмента показал, что при переводе технологии сборки инструмента с метода пайки на метод склеивания расход твердых сплавов снижается на 15...20%, расход быстрорежущих сталей при замене сварки склеиванием уменьшается на 30...40%, а при замене цельных инструментов клееборным – на 60 – 80% (в зависимости от конструкции).

Однако до настоящего времени применение клеев в производстве инструментов не получило массового распространения, особенно

на специализированных инструментальных заводах, ориентированных на неизвестного потребителя.

Большое разнообразие условий эксплуатации режущего инструмента, в первую очередь высокие температуры зоны резания и ударной нагрузки, ограничивают область применения клееборного инструмента.

Кроме того, механическая прочность клеевых соединений уступает паянным, что вынуждает в ряде случаев изменять конструкцию инструмента таким образом, чтобы клеевой шов испытывал напряжения только сжатия или сжатия со сдвигом. В некоторых случаях следует предусмотреть дополнительные элементы крепления пластин (уступы, упоры, шпонки врезанные в корпус, штифты и пр.). Положительно зарекомендовали себя клееборные конструкции с креплением твердосплавных пластин в закрытые или полузакрытые пазы или отверстия.

Таким образом, в большинстве случаев успешное применение клеев для изготовления традиционного режущего инструмента должно сопровождаться конструктивными доработками.

Относительно низкая теплостойкость и низкая ударная вязкость большинства клеев не обеспечивает надежной работы тяжелонагруженных металлорежущих инструментов, хотя клеевые соединения можно применять при изготовлении практически всех видов инструментов: резцов, фрез, зенкеров, протяжек, разверток, метчиков и т.п.

Наиболее целесообразным представляется изготовление клееборного инструмента для конкретного потребителя (преимущественно для чистовых и получистовых операций с обильным охлаждением).

К клеям предъявляются следующие технологические и эксплуатационные требования:

а) технологические: высокая адгезионная способность; жизнеспособность, достаточная для работы с клеем в течение смены (не менее 6 ч);

состояние поставки (порошок, пруток, пленка, паста), вязкость; режим отверждения (давление, температура); срок хранения компонентов или клея – не более 6 мес.; невысокая стоимость и недефицитность клеев;

б) эксплуатационные: термостойкость; ударная вязкость; прочность на сдвиг; теплопроводность (возможно увеличение за счет применения наполнителей); стойкость к СОЖ; стабильность свойств клеевого соединения.

Марки клеев, серийно выпускаемых отечественной промышленностью и зарубежными фирмами, с их основными технологическими и эксплуатационными свойствами приведены в табл. 3.1.

3.1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ НЕКОТОРЫХ МАРОК КЛЕЕВ

В настоящее время разработана широкая гамма клеев, рекомендуемых для изготовления режущих инструментов и штамповой оснастки.

При выборе марки клея (см. табл. 3.1) следует учитывать прежде всего условия эксплуатации изготавливаемого режущего инструмента (температура, условия охлаждения, динамические нагрузки):

1) клей "Инструментол" обеспечивает высокую механическую прочность соединения, термостойкость до 200 °С, повышенную ударную вязкость;

2) клей Т-78, в сравнении с клеем "Инструментол", имеет повышенную теплостойкость (250°С), универсален;

3) клеи ВК-9 и ТКЛ-75 являются клеями холодного отверждения, что особенно удобно для изготовления наружных и внутренних протяжек, крупных разверток, хонинговальных головок и других крупногабаритных инструментов. Недостаток: низкая теплостойкость ТКЛ-75 – до 200°С, а ВК-9 до 150°С;

4) клеи ВК-28 и ТКМ-75 имеют повышенную теплостойкость – до 300°С. Эти клеи успешно применяются при изготовлении монолитного твердосплавного инструмента со стальными хвостовиками (концевые фрезы, метчики и т.п.);

5) фенольнокремнийорганический клей ВК-18М имеет теплостойкость 400 – 600°С, обладает высокой прочностью;

6) клей ВК-20 имеет теплостойкость 400°С при работе в течение 25 ч и кратковременно выдерживает пиковые температуры 700°С. Может быть использован для изготовления большинства инструментов, в том числе тяжелонагруженных. Клей ВК-20 является одним из немногих клеев, имеющих адгезию к СТМ, что позволяет использовать его для изготовления алмазного и эльборного инструмента;

7) клей ВК-42И обеспечивает повышенную прочность клеевых соединений при температурах 300 – 400°С, обладает высокой адгезией к природным и синтетическим алмазам и является наиболее перспективным для изготовления алмазного инструмента;

8) весьма перспективными при изготовлении инструмента и, особенно, технологической оснастки являются эпоксидные пленочные клеи ВК-31 и ВК-36 (теплостойкость 150°С). Применение пленочных клеев взамен жидких позволяет исключить процесс изготовления клея в условиях завода и повысить культуру производства и производительность труда.

Т а б л и ц а 3.1

Марки клеев для клеборного инструмента

Марка клея	Состояние клея	Жизнеспособность клея	Термостойкость, °С	Режим отверждения			Предел прочности на сдвиг	
				Т, °С	t, ч	P, МПа	При 20 °С	При температуре термостарения
ВК-13	Пленка	6 мес.	300	175	1 - 2	0,6 - 0,8	16,0	4 - 5,3
ВК-13М	"	"	"	"	"	"	"	"
ВК9	Паста	1,5 ч	150	20	24	Контактный	15,0	2,5
ТКЛ-75	"	4 - 6 ч	200	20	48	"	16,0	3,0
				80	4			
				150	3			
ТКМ-75	"	24 ч	250	200	3	"	20,0	3,0
ТКО-75	"	4 - 6 ч	350	200	3	"	18,0	1,5
Т-30	"	4 - 6 ч	400	200	3	"	16,0	
ВК-28	Паста	1 мес.	250	150	2	Контактный	11,0	9,0
				200	1			
ВК-31	Пленка	3 мес.	100	170	1	0,05 - 0,1	35,0	28,0
ВК-20	Паста	7 ч	400 - 600	150	3	0,05	18,0	7,0
				170	2			
ВК-42И	"	8 ч	400	210 - 220	3	0,03	16,0	3,0

Данные о жизнеспособности зарубежных клеев отсутствуют.

Марка клея	Состояние клея	Предел прочности на сдвиг при температуре термостабилизации	Предел прочности на сдвиг при 20 °С	Жизнеспособность клея	Режим отверждения		Жизнеспособность клея	Состояние клея	Марка клея
					Т, °С	t, ч			
ВПС 049-М	Порошок	17,5	19,0	—	3	0,3 - 0,6	—	Порошок	Bondmaster
ВПС 049-М	Порошок	18,0	19,0	—	1	0,3 - 0,6	—	Порошок	УШС
ВПС 049-М	Пленка	12,0	25,5	—	0,5	0,2 - 0,3	—	Пленка	УФ-30
ВПС 049-М	Паста	29,0	29,0	—	4	0,2 - 0,3	—	Паста	Scotchbond
ВПС 049-М	Паста	55,0	29,0	—	1	Контактный	—	Паста	Япония
ВПС 049-М	Паста	9,5	29,0	—	24	Контактный	—	Паста	Sealedrip

Таблица 3.1. Окончание таблицы 3.1

Продолжение табл. 3.1

Марка клея	Состояние клея	Жизнеспособность клея	Термостойкость, °С	Режим отверждения		Предел прочности на сдвиг при 20 °С	Предел прочности на сдвиг при температуре термостабилизации
				T, °С	t, ч		
ВК-33	—	3 мес.	600	220 - 250	3	17,5	9,5
Т-73	—	24 ч	300	200	3	18,0	5,5
ВК-18М	—	—	600	200	3	12,0	2,5
Т-78	—	7 ч	250	200	3	29,0	14,5
Инструментол	Паста, Пруток	1-3 ч	200	175	3	55,0	9,5
<i>Зарубежные клеи</i>							
Аргалит	Пруток	—	120	20	3	19,0	5,8
АТ-1	—	—	180	180	1	—	—
ФРР	—	—	200	200	0,5	—	—
Аргалит	Паста	—	130	150	4	25,5	6,5
АУ-8	—	—	180	180	1	—	—
ФРР	—	—	180	180	1	—	—
Ерлах	Паста	—	150	20	24	29,0	4,5
ЕЛК-19	—	—	150	70 - 80	1	—	—
РДР	—	—	150	70 - 80	1	—	—
Ерлах	Порошок	—	140	140	7	—	—
1001	—	—	140	140	1	—	—
1001	—	—	180	180	1	—	—
ЧССР	—	—	220	220	0,5	65,0	15,4

3.2. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЦЕССА КЛЕЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ С ДЕРЖАВКОЙ

Технология процесса клеевого соединения:

1) подготовка поверхностей к склеиванию. Толщина клеевого шва во всех типах соединений должна быть в пределах 0,05...0,15 мм на сторону. Поэтому шероховатость склеиваемых поверхностей после механической обработки должна составлять $Rz = 20...40$ мкм.

Наиболее благоприятную для склеивания поверхность державки можно получить после дробеструйной обработки. Удовлетворительный результат обеспечивает также галтовка державок в течение 1 ч в галтовочных барабанах с карбидом кремния марки 63С, зернистостью 200. Шлифование опорной поверхности под пластину обеспечивает наименее прочный клеевой шов.

Обезжиривание производится с помощью промывки горячим раствором (50...90°C) тринатрийфосфата (16 г/л) и ацетоном. В некоторых случаях державки травят в течение 10 мин в горячем (85°C) водном растворе щавелевой и серной кислот.

Твердосплавные пластины травят 3 – 5 мин при 20°C водным раствором, состоящим из смеси серной, азотной и фтористоводородной кислот и перекиси водорода;

2) нанесение клея. Нанесение клея на поверхности производится с помощью шпателя. Если клей пленочный, то его вырезают соответственно размерам клеевого соединения, заготовку помещают на державку, предварительно отделив предохраняющие с двух сторон пленки, и сверху устанавливают твердосплавную пластину. При этом рекомендуется соединяемые поверхности предварительно подогреть до 50°;

3) совмещение и фиксация склеиваемых деталей. Производится в подготовленные гнезда. При этом нередко используют простейшие кондукторные приспособления.

В зависимости от марки клея для обеспечения контакта соединяемых поверхностей или необходимого давления применяют различные пневмоприспособления с силой 50...1000 Н или, что встречается чаще, используют пружинные разрезные кольца и скобы;

4) полимеризация. Производится в термостатах в течение заданного времени при температурном режиме, соответствующем марке клея (см. табл.3.1).

Если при совмещении и фиксации склеиваемые детали подвергнуть ультразвуковой активации в течение 5...10 с (при 22 кГц) прочность клеевого шва увеличивается на 40 – 50 %.

Контроль прочности клеевого шва производится по образцам-свидетелям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ординарцев И.А., Филиппов Г.В.* Автоматизация производства режущего инструмента. Л.: Машиностроение, 1972. 264 с.
2. *Технология сварки, пайки и контроля заготовок режущего инструмента / Методические рекомендации.* М.: НИИМАШ, 1976. 108 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. СВАРКА ЗАГОТОВОК РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ	4
1.1. Особенности сварных соединений	4
1.2. Подготовка заготовок к сварке	5
1.3. Контактная стыковая сварка заготовок инструмента	10
1.4. Сварка трением заготовок инструмента	15
1.5. Отжиг сварных заготовок	18
1.6. Удаление сварочного графа и правка заготовок	18
1.7. Наплавка инструмента быстрорежущей сталью	19
1.8. Контроль сварных заготовок	21
2. НЕРАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН С КОРПУСОМ ИНСТРУМЕНТА МЕТОДОМ ПАЙКИ	21
2.1. Папайка пластинок из быстрорежущей стали	21
2.1.1. Папайка сварочными порошками	22
2.1.2. Папайка припоем ГФК	23
2.2. Папайка пластинок из твердого сплава	25
2.2.1. Способы пайки	25
2.2.2. Общие требования к соединяемым поверхностям паяного инструмента	26
2.2.3. Подготовка пластинок под пайку	26
2.2.4. Подготовка корпусов и сборка инструмента под пайку	28
2.2.5. Припой	29
2.2.6. Флюсы	31
2.2.7. Технология пайки металлокерамических пластинок	32
2.2.8. Напряжения, возникающие после пайки, и способы их снижения	40
2.2.9. Контроль качества пайки пластинок твердого сплава	41
3. КЛЕЕСБОРНЫЙ ИНСТРУМЕНТ	42
3.1. Рекомендации по применению некоторых марок клеев	44
3.2. Основные этапы процесса клеевого соединения твердых сплавов с державкой	48
Список литературы	49