

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ

*Методические указания к выполнению лабораторных работ для
студентов бакалавриата направления подготовки 22.03.01*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2017**

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра материаловедения и технологии художественных изделий

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ

*Методические указания к выполнению лабораторных работ для
студентов бакалавриата направления подготовки 22.03.01*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2017

УДК 669.01 (073)

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ: Методические указания к выполнению лабораторных работ / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *Л.Г. Борисова*. СПб, 2017, 31с.

В методических указаниях рассматриваются основные теоретические положения, методика проведения работ, содержание отчетов, исходные данные, методы применения основных теоретических положений, которые студенты изучали на лекциях, и даются рекомендации по различным способам получения заготовок, обработки материалов и нанесения защитных покрытий.

Предназначены для студентов бакалавриата направления подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технология материалов» по профилю «Материаловедение и технология новых материалов».

Табл. 9. Ил. 14. Библиогр.: 8 назв.

Научный редактор проф. *Е.И. Пряхин*

© Санкт-Петербургский горный университет, 2017

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные занятия по дисциплине «Технология материалов и покрытий» посвящены выбору и разработке эффективных технологических процессов производства полуфабрикатов, заготовок и изделий из различных конструкционных материалов, и имеют своей целью научить студентов, на основании полученных теоретических знаний, решать конкретные инженерные задачи. При решении этих задач студент должен показать, что он овладел основами технологических процессов получения и обработки материалов и нанесения покрытий; методами определения основных технологических параметров процессов обработки материалов и нанесения покрытий; методами и средствами контроля качества и определения характеристик материалов и покрытий, полуфабрикатов и готовых изделий.

Студент должен знать, что технология материалов и покрытий - это наука, изучающая, прежде всего различные способы получения и обработки материалов и покрытий. Повышение надежности и долговечности машин и механизмов в значительной степени зависит от качества конструкционных материалов, рационального способа получения заготовок, их обработки и нанесения защитных покрытий.

В данной методической разработке представлены не только задания на выполнение лабораторных работ, но и инженерная методика расчета основных задач, а также справочные данные, необходимые для выбора тех или иных параметров.

При выполнении лабораторных работ каждый студент работает индивидуально, в соответствии с вариантом, выбранным по таблицам исходных данных. Выполненные работы оформляются в виде отчета в печатном варианте на формате А4, представляются на защиту преподавателю, и являются допуском к итоговому контролю знаний дисциплины – экзамену.

Работа №1 «Технология газовой сварки»

Цель работы - ознакомиться с оборудованием, применяемыми материалами и технологией газовой сварки.

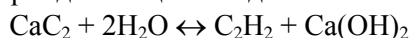
1. Теоретическая часть

При газовой сварке расплавление кромок свариваемого изделия и присадочной проволоки осуществляется теплом, выделяющимся при сжигании горючего газа в смеси с кислородом. Газовую сварку применяют при изготовлении сварных изделий из тонколистовой стали, медных и алюминиевых сплавов, при исправлении дефектов в чугунных и бронзовых отливках, а также при различных ремонтных работах.

Кислород, используемый для сварочных работ, получают из воздуха методом глубокого охлаждения и поставляют к месту потребления в стальных баллонах голубого цвета с черной надписью "Кислород". Водяная емкость баллона 40 литров и при давлении 15 МПа он вмещает 6 м³ газообразного кислорода.

В качестве горючих газов могут быть использованы ацетилен, водород, природный и нефтяной газ, пары бензина и керосина. Наибольшее применение получил ацетилен, так как он дает при горении в технически чистом кислороде самую высокую температуру пламени, достигающую 3150 °С.

Ацетилен (C₂H₂) – бесцветный газ с характерным запахом, воспламеняется при 420 °С, становится взрывоопасным при сжатии свыше 0,18 МПа, а также при длительном соприкосновении с медью и серебром. Ацетилен получают в ацетиленовых генераторах при взаимодействии карбида кальция с водой:



К месту сварки ацетилен поставляется в стальных баллонах вместимостью 40 литров, в которых при максимальном давлении 1,9 МПа содержится примерно 5,5 м³ газа. Для обеспечения безопасного хранения и транспортировки ацетилена, баллон заполнен пористым активированным углем, который пропитан ацетоном. В одном объеме ацетона растворяется 23 объема ацетилена. Баллон окрашен в белый цвет с надписью "Ацетилен" красного цвета.

К вентилям баллонов крепятся газовые редукторы, которые предназначены для снижения давления газа, поступающего из баллона к горелке, и поддержания постоянства установленного давления во время работы. Газовые редукторы имеют обычно два манометра, один из которых измеряет давление газа на входе в редуктор, второй – на выходе из него. Редукторы для различных газов отличаются лишь устройством присоединительной части, которая соответствует устройству вентиля соответствующего баллона и исключает ошибочную установку, например, ацетиленового редуктора на кислородный баллон. Корпус редуктора окрашивают в определенный цвет, например, голубой для кислорода, белый для ацетилена. К сварочной горелке кислород и ацетилен от редукторов подаются через специальные резиновые шланги.

Газосварочные горелки служат для смешивания в требуемой пропорции кислорода и ацетилена, подачи горючей смеси к месту сварки и создания концентрированного пламени требуемой мощности. По принципу действия горелки подразделяются на инжекторные и безинжекторные (рис. 1). В инжекторных горелках поступление горючего газа (ацетилена) происходит за счет подсоса его струей кислорода, который, вытекая с большой скоростью из сопла инжектора, создает разрежение в каналах, по которым поступает ацетилен. Давление кислорода должно быть при этом равным 0,2–0,4 МПа, а давление ацетилена на входе в горелку может быть 0,001–0,002 МПа.

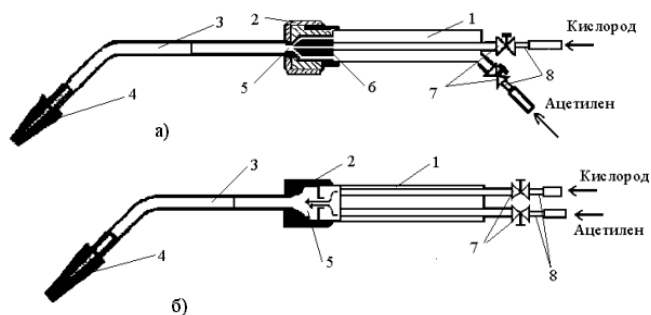


Рис. 1. Схемы ацетиленовых горелок: а – инжекторные; б – безинжекторные: 1 – ствол горелки; 2 – гайка; 3 – наконечник; 4 – мундштук; 5 – смешительная камера; 6 – инжектор; 7 – вентиль; 8 – штуцер присоединительный

Горелки этого типа имеют сменные наконечники с различными диаметрами выходных отверстий инжектора и мундштука, что позволяет регулировать в широких пределах мощность ацетиленокислородного пламени, поддерживая достаточно высокую скорость истечения газов из горелки. Наиболее распространенные инжекторные горелки “Звезда” и ГС – 3 имеют семь номеров сменных наконечников (табл. 1).

Таблица 1

Техническая характеристика инжекторных горелок “Звезда” и ГС – 3

Номера наконечников						
1	2	3	4	5	6	7
Толщина свариваемого металла, мм (сталь малоуглеродистая)						
0,5-1,5	1-2,5	2,5-4	4-7	7-11	10-18	17-30
Расход ацетилена, $\text{гм}^3/\text{ч}$ (л/ч)						
50-125	120-240	230-430	400-700	660-1100	1050-1750	1700-2800
Расход кислорода, $\text{гм}^3/\text{ч}$ (л/ч)						
55-135	130-260	250-440	430-750	740-1200	1150-1950	1900-3100
Давление кислорода, МПа						
0,1-0,4	0,15-0,4	0,2-0,4	0,2-0,4	0,2-0,4	0,2-0,4	0,2-0,4
Давление ацетилена, МПа						
Не ниже 0,001						

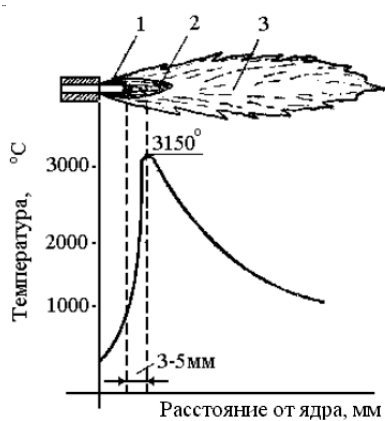


Рис. 2. Строение сварочного ацетиленокислородного пламени:
1 – ядро; 2 – восстановительная зона;
3 – факел пламени

Горелки большой мощности и многопламенные, работающие в тяжелых условиях, при высокой температуре, обычно делаются безинжекторными, в них оба газа – кислород и ацетилен – поступают под одинаковым давлением в пределах 0,01-0,15 МПа.

В зависимости от соотношений объемов ацетилена и кислорода, подаваемых в горелку, изменяется состав пламени. Если на 1 объем ацетилена подается примерно 1-1,2 объема ки-

слорода, то весь ацетилен полностью сгорает и такое пламя называется нормальным. Пламя состоит из трех зон: ядра пламени 1, восстановительной зоны 2 и факела 3 (рис. 2).

Ядро ослепительно белого цвета, имеет форму конуса с закругленным концом. В ядре происходит постепенный нагрев до температуры воспламенения газовой смеси, поступающей из мундштука. Восстановительная зона имеет значительно более темный цвет, чем ядро, и наиболее высокую температуру на расстоянии 3-5 мм от края ядра. В факеле протекает горение ацетилена за счет атмосферного кислорода. Нормальное пламя используют для сварки малоуглеродистых, низколегированных и высоколегированных сталей, а также меди, магниевых сплавов, алюминия, цинка, свинца и др.

При увеличении содержания кислорода ($O_2/C_2H_2 > 1,2$) пламя приобретает голубоватый оттенок и имеет заостренную форму ядра. Такое пламя называется окислительным и может быть использовано только при сварке латуни. В этом случае избыточный кислород образует с цинком, содержащимся в латуни, тугоплавкие оксиды, пленка которых препятствует дальнейшему испарению цинка.

При увеличении содержания ацетилена ($O_2/C_2H_2 > 1$) пламя становится коптящим, удлиняется и имеет красноватый оттенок. Такое пламя называют науглероживающим и применяют для сварки высокоуглеродистых сталей, чугуна, цветных металлов и наплавке твердых сплавов, так как в этом случае компенсируется выгорание углерода и восстанавливаются оксиды цветных металлов.

Технология газовой сварки

Качественный сварной шов обеспечивается правильным подбором тепловой мощности сварочного пламени, видом пламени, способом сварки, углом наклона горелки, применением соответствующего присадочного материала и флюса.

Тепловая мощность сварочного пламени оценивается по расходу ацетилена (л/ч) и определяется по формуле:

$$q = A S,$$

где A – коэффициент тепловой мощности (для малоуглеродистой стали $A = 100-130$ л/ч·мм); S – толщина свариваемого металла, мм.

По мощности пламени определяют номер наконечника горелки.

При использовании газовой сварки для изготовления металлических изделий предпочтительным типом соединения является стыковое. Нахлесточное и тавровое соединения вследствие возникновения в изделии значительных собственных напряжений нежелательны, а при сварке изделий большой толщины недопустимы.

Сварка сталей толщиной до 2 мм осуществляется без скоса кромок и без зазора между листами или с отбортовкой кромок без присадочного металла. При толщине листа 2-5 мм соединение встык выполняют без скоса кромок, но с соответствующим зазором. Сталь толщиной более 5 мм сваривают только встык с применением одностороннего или двухстороннего скоса кромок.

При толщине металла более 5 мм применяют правый способ сварки, при котором горелка движется впереди сварочной проволоки слева направо (рис. 3, а). Пламя направлено на наплавленный металл, что способствует более качественному формированию шва, увеличивает производительность, уменьшает расход ацетилена, но при малых толщинах может привести к прожогу металла.

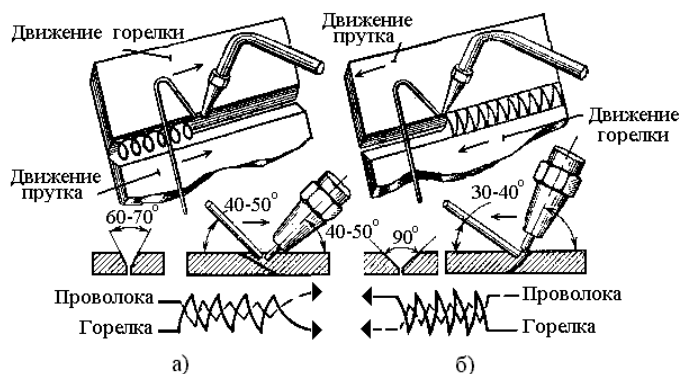


Рис. 3. Способы газовой сварки: а) – правый; б) – левый

При толщине металла до 5 мм применяют левый способ сварки (рис. 3, б), при котором горелка движется справа налево. Присадочный пруток находится слева от горелки и передвигается впереди пламени, направленного от наплавленного металла в сторону основного металла, на нагрев которого расходуется значительная часть тепла, в результате чего наплавленный металл быстро охлаждается.

Угол наклона горелки к свариваемой поверхности зависит от толщины металла. При её увеличении нужна большая концентрация тепла и соответственно большой угол наклона горелки (рис. 4).

Диаметр присадочной проволоки d (мм) определяют в зависимости от выбранного способа сварки и толщины свариваемого металла S (мм) по следующим формулам:

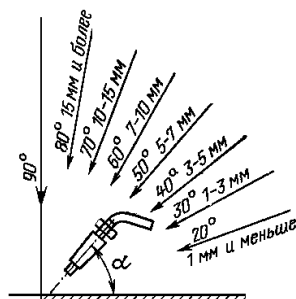


Рис. 4. Изменение угла наклона горелки в зависимости от толщины свариваемого металла

при левом способе: $d = S/2 + 1$;

при правом способе: $d = S/2$.

При сварке изделия толщиной более 15 мм диаметр проволоки принимают не более 6-8 мм.

В качестве присадочного материала следует применять проволоку или прутки, близкие по химическому составу к металлу свариваемых изделий. Для сварки чугуна применяют специальные литые чугунные стержни; для наплавки износостойких покрытий – литые стержни из твердых сплавов. Для сварки цветных металлов и некоторых специальных сплавов

используют флюсы, которые могут быть в виде порошков или паст. Для сварки меди и её сплавов – кислые флюсы (буру, буру с борной кислотой); для сварки алюминиевых сплавов – бескислородные флюсы на основе фтористых или хлористых солей лития, калия, натрия и кальция. Роль флюса состоит в растворении оксидов и образовании шлаков, легко всплывающих на поверхность сварочной ванны, а также предохранении расплавленного металла от дальнейшего окисления в процессе сварки, покрывая его тонкой пленкой. Во флюсы можно вводить элементы, раскисляющие и легирующие наплавленный металл.

Скорость сварки V (м/ч) определяется глубиной проплавления и зависит от свойств металла.

$$V = C / S,$$

где C – коэффициент скорости сварки, м мм/ч; для углеродистых сталей $C = 12 \dots 15$; S – толщина металла, мм.

Время сварки t (ч) определяют из уравнения:

$$t = L / V,$$

где L – длина шва, м; V – скорость сварки, м/ч.

Полный расход горючего газа Q (л) определяется по формуле:

$$Q = q \cdot t,$$

где q – тепловая мощность сварочного пламени, л/ч; t – время сварки, ч.

2. Практическая часть

В соответствии с вариантом задания (табл. 2) для газовой сварки малоуглеродистой стали в нижнем положении описать технологию, подобрать режим сварки, рассчитать полный расход горючего газа.

Таблица 2

Варианты заданий для выполнения работы

Номер варианта	Толщина свариваемого металла S , мм	Длина шва L , мм	Номер варианта	Толщина свариваемого металла S , мм	Длина шва L , мм
1	0,5	250	16	8,0	500
2	1,0	260	17	8,5	470
3	1,5	270	18	9,0	440
4	2,0	280	19	9,5	410
5	2,5	290	20	10,0	380
6	3,0	300	21	11,0	350
7	3,5	320	22	12,0	320
8	4,0	340	23	13,0	290
9	4,5	360	24	14,0	260
10	5,0	380	25	15,0	230
11	5,5	400	26	16,0	220
12	6,0	420	27	17,0	240
13	6,5	440	28	18,0	310
14	7,0	460	29	19,0	330
15	7,5	480	30	20,0	350

3. Содержание отчета

1. Титульная часть. Цель работы. Задание.
3. Рисунки: 1, 3, 4.
4. Результаты расчетов (табл. 3).
5. Краткое описание сущности и технологии газовой сварки.
6. Выводы по выполненной работе.

Работа №2 «Выбор режимов стыковой и роликовой электрической контактной сварки»

Цель работы - изучить технологию контактной сварки и область её применения, научиться рассчитывать параметры режима сварки.

Таблица 3

Исходные данные и результаты расчетов

№ п/п	Параметр	Расчетная формула	Численное значение
1	Толщина свариваемого металла S , мм		
2	Длина шва L , мм		
3	Способ сварки (правый, левый)		
4	Коэффициент тепловой мощности A , л/ч·мм		
5	Тепловая мощность пламени q , л/ч		
6	Угол наклона мундштука горелки, град	Рис. 4	
7	Диаметр присадочной проволоки d , мм		
8	Номер наконечника горелки	Табл. 1	
9	Коэффициент скорости сварки C , м·мм/ч		
10	Скорость сварки V , м/ч		
11	Вид пламени		
12	Время сварки t , ч		
13	Полный расход горючего газа Q , л		

1. Теоретическая часть

Контактная сварка относится к способам сварки давлением, при которой заготовки в месте соединения нагреваются теплом, выделяющимся при прохождении электрического тока, и сжимаются определенным усилием. Для получения качественных сварных деталей металл в месте контакта нагревают до расплавления и лишь в отдельных случаях (например, при стыковой сварке сопротивлением) до пластического состояния, обеспечивающего требуемую пластическую деформацию заготовок. В процессе этой деформации происходит удаление окислов из места соединения, устранение раковин и уплотнение металла.

При пропускании электрического тока через свариваемые заготовки максимальное количество теплоты выделяется в месте свариваемого контакта и определяется по закону Джоуля–Ленца:

$$Q = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot T,$$

где Q – количество теплоты, выделяемое в сварочном контуре, Дж; I – сила сварочного тока, А; R – полное сопротивление, Ом; T – время протекания тока, с.

Полное сопротивление сварочного контура R состоит из сопротивления выступающих концов свариваемых заготовок R_3 , сопротивления сварочного контакта R_k и сопротивления между электродами и заготовками $R_э$, т.е.

$$R = R_3 + R_k + R_э .$$

Сопротивление сварочного контакта R_k является наибольшим, так как поверхности стыка заготовок даже после тщательной обработки имеют неровности и соприкасаются только в отдельных точках. Благодаря этому происходит резкое уменьшение действительного сечения металла, через которое проходит ток, и в зоне контакта возникают большие плотности тока. Кроме того, на поверхности свариваемого металла имеются плёнки окислов и загрязнения с малой электропроводностью, которые также увеличивают электросопротивление.

В результате высокой плотности тока в точках контакта металл нагревается до термопластичного состояния или до оплавления. При непрерывном сдавливании нагретых заготовок образуются новые точки соприкосновения, и так до тех пор, пока не произойдет полное сближение до межатомных расстояний, т.е. сварка поверхностей.

Однако, при сварке неочищенных поверхностей контактные сопротивления изменяются в широких пределах, что приводит к изменению температур нагрева заготовок, снижению стабильности прочностных показателей сварных соединений, увеличению износа электродов и возникновению дефектов.

Режим нагрева при контактной сварке определяется силой тока и временем протекания его через свариваемые изделия. Обычно стремятся к получению интенсивного нагрева в возможно малый промежуток времени. Такой режим сварки называется жёстким и обеспечивает повышение производительности, экономию электроэнергии, уменьшение окисления деталей, уменьшение размеров зоны термического влияния и возможность сварки металлов с высокой теплопроводностью и специальных легированных сталей.

Однако, если есть опасность возникновения закалочных структур, которые могут привести к образованию трещин в зоне сварного соединения, применяют мягкие режимы сварки, характерные увеличением длительности протекания тока при соответственном уменьшении его величины.

Процесс контактной сварки характеризуется не только явлением нагрева, но и пластической деформацией при сжатии деталей. Слои нагретого металла, подвергаемые сжатию, претерпевают структурные изменения, выражающиеся в переориентировке кристаллов сварного соединения, что оказывает большое влияние на качество соединения. Величина оптимального давления находится в зависимости от температуры нагрева. С увеличением температуры необходимое усилие сжатия уменьшается.

Контактная сварка находит широкое применение в промышленности, что обусловлено следующими её преимуществами: высокой производительностью; возможностью механизации процесса; возможностью соединения различных металлов и сплавов, а также разнородных металлов; минимальной деформацией свариваемых изделий.

Основные виды контактной сварки и их применение

Наиболее широкое применение получили следующие основные виды контактной сварки: стыковая (рис. 4), точечная (рис. 5) и (шовная) роликовая (рис. 6). Каждый из этих видов сварки может осуществляться различными способами, отличающимися по техническим признакам, роду используемой электроэнергии и способу подвода тока к свариваемым заготовкам.

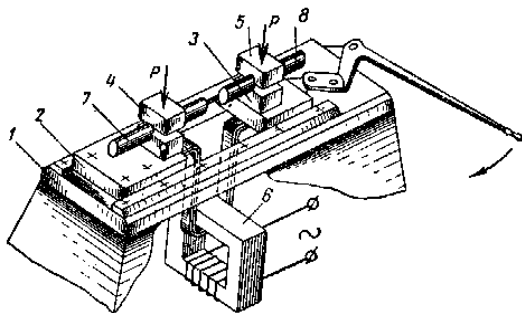


Рис. 4. Схема машины для стыковой контактной сварки

Стыковая сварка. Заготовки сваривают по всей плоскости их касания. Для осуществления стыковой контактной сварки применяют специальные машины ручного или автоматического действия (рис. 4). На станине машины 1 расположены плиты 2 и 3, несущие на себе зажимы 4 и 5, предназначенные для закрепления свариваемых деталей и подвода к ним тока от вторичного витка трансформатора 6. Левая плита 2, обычно неподвижная, изолирована от станины. Правая плита 3 может перемещаться прямолинейно по направляющим станины вручную с помощью рычага, штурвала или пружин.

В зависимости от марки металла, площади сечения заготовки и требований к качеству соединения стыковую сварку можно выполнять несколькими способами: сопротивлением, непрерывным оплавлением и оплавлением с подогревом.

При стыковой сварке сопротивлением заготовки, установленные и закреплённые в стыковой машине, прижимают одну к другой усилием определенной величины, после чего по ним пропускают электрический ток. При нагревании металла в зоне сварки до пластичного состояния производится осадка. Ток выключают до окончания осадки. Этот способ сварки требует механической обработки и тщательной зачистки поверхностей торцов заготовки. Неравномерность нагрева и окисление металла на торцах понижают качество сварки сопротивлением, что ограничивает область её применения. С увеличением сечения заготовок качество сварки снижается особенно заметно, главным образом из-за образования окислов в стыке.

Этим способом соединяют заготовки малого сечения (до 100 мм²), одинаковыми по форме с малоразвитым периметром (круг, квадрат, прямоугольник с малым отношением сторон). Металл соединяемых заготовок должен быть однородным. Сварка сопротивлением даёт хорошие результаты для металлов, обладающих хорошей свариваемостью в пластическом состоянии – малоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей, алюминиевых и медных сплавов.

Стыковая сварка непрерывным оплавлением состоит из двух стадий: оплавления и осадки. Заготовки устанавливаются в зажимах машины, затем включают ток и медленно сближают их. При этом торцы заготовок касаются в одной или нескольких точках. В местах

касания образуются перемычки, которые мгновенно испаряются и взрываются. Взрывы сопровождаются характерным выбросом из стыка мелких капель расплавленного металла. При дальнейшем сближении заготовок образование и взрыв перемычек происходит на других участках торцов. В результате заготовки прогреваются на небольшую глубину, а на торцах возникает тонкий слой расплавленного металла, облегчающий удаление окислов из стыка. В процессе оплавления заготовки укорачиваются на заданный припуск. Оплавление должно быть устойчивым (непрерывное протекание тока при отсутствии короткого замыкания заготовок), особенно перед осадкой.

При осадке скорость сближения заготовок резко увеличивают, осуществляя при этом пластическую деформацию на заданный припуск. Переход от оплавления к осадке должен быть мгновенным, без малейшего перерыва. Осадку начинают при включенном токе и завершают при выключенном.

Стыковая сварка оплавлением с подогревом отличается от сварки непрерывным оплавлением тем, что перед началом процесса оплавления заготовки подогревают в зажимах машины периодическим смыканием и размыканием при постоянно включенном токе. При этом происходит процесс прерывистого оплавления и заготовки укорачиваются на заданный припуск. Выдержка при замыкании составляет около 0,5-3 с, а при размыкании 2-6 с. Количество замыканий может быть от одного до нескольких десятков в зависимости от размеров сечения заготовок.

Применение стыковой сварки оплавлением с подогревом позволяет предупредить резкую закалку и, следовательно, получить более пластичные стыки при сварке закаливающих сталей; снизить требуемую мощность машины или на машине данной мощности сварить заготовки с большими площадями сечения; осуществить осадку при меньшем усилии; сократить общий припуск на сварку.

Стыковую контактную сварку в судостроении используют при изготовлении якорных цепей, змеевиков холодильников рефрижераторных судов, штуцерно-торцевых соединений трубопроводов, стыковых соединений профильной стали, режущего инструмента и других изделий.

Точечная сварка. Заготовки соединяют сваркой в отдельных местах, условно называемыми точками (рис. 5). Размеры и структура точки, определяющие прочность соединения, зависят от формы и размеров контактной поверхности электродов, силы сварочного тока, времени его протекания через заготовки, усилия сжатия и состояния поверхностей заготовок. Качественная сварная точка характеризуется наличием общего для обеих заготовок литого ядра определенных размеров.

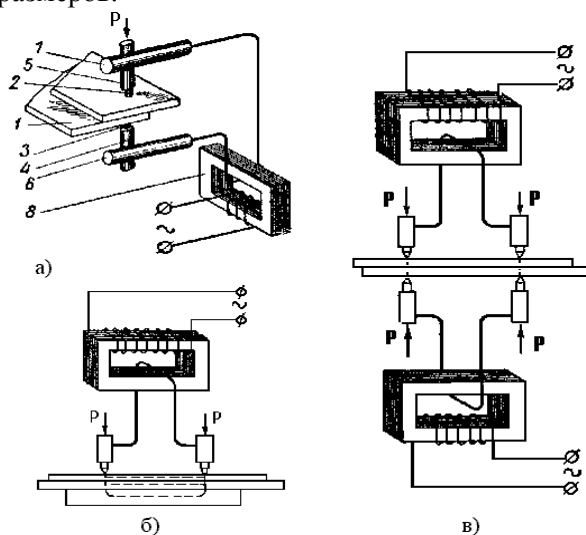


Рис. 5. Схемы точечной контактной сварки: а – двухсторонняя односточечная; б – односторонняя двухточечная; в – двухсторонняя двухточечная

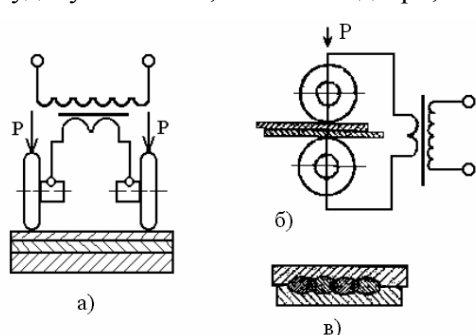
Для осуществления точечной сварки, схема которой представлена на рис. 5, а, свариваемые детали 1 зажимаются между электродами 2 и 3, к которым через электрододержатели 4, 5 и хоботы 6 и 7 подведен ток от вторичного витка трансформатора 8. Нижний хобот 6 делается неподвижным, а верхний 7 перемещается механизмом сжатия P , который создаёт давление при сварке. После сжатия заготовок включают ток и заготовки быстро нагреваются; особенно быстро нагреваются участки металла, прилегающие к контакту между заготовками, так как они имеют повышенное электросопротивле-

ние. Кроме того они менее подвержены охлаждающему действию электродов. В момент образования в зоне сварки расплавленного ядра заданных размеров ток выключают. Затем заготовки кратко- временно выдерживают между электродами под действием усилия сжатия, в результате чего происходит охлаждение зоны сварки, кристаллизация расплавленного металла и уменьшение усадочной раковины в ядре сварной точки. Перед сваркой место соединения очищают от окисных плёнок (наждачным кругом или травлением).

На практике иногда применяются односторонняя односточечная и двухточечная сварки (рис. 5, б), либо двухточечная контактная сварка с двухсторонним подводом тока (рис. 5, в), дающая более надёжные соединения.

Точечной сваркой можно сваривать листовые заготовки одинаковой или разной толщины, пересекающиеся стержни, листовые заготовки со стержнями или профильными заготовками (уголками, швеллерами, таврами и т.д.). Её применяют для соединения заготовок из сталей различных марок (углеродистой, легированной, нержавеющей, жаростойкой и др.), цветных металлов и их сплавов, а так же разнородных металлов. Толщина каждой из заготовок может быть от сотых долей миллиметра до 35 мм.

С помощью точечной сварки в судостроении изготавливают судовую мебель, каютные двери, кабельные кассеты, ящики под



приборы и запасные части, крепят набор к переборкам, выгородкам, настилам и к стенкам надстроек.

Роликовая (шовная) сварка (рис. 6). Заготовки соединяют непрерывным прочноплотным сварным швом, состоящим из ряда точек, в котором каждая последующая точка частично перекрывает предыдущую. В отличие от точечной сварки заготовки

устанавливают между вращающимися роликами (или между роликами и оправкой), на которые действует усилие механизма давления P и к которым подведен электрический ток. Толщина свариваемых листов составляет 0,2-3 мм. Этим методом сваривают малоуглеродистые легированные конструкционные стали, легкие сплавы, некоторые медные и титановые сплавы, а также стальные листы с покрытием (оцинкованные, луженые, освинцованные).

В судостроении с помощью роликовой сварки изготавливают емкости, трубы вентиляции, сильфонные компенсаторы, стыки легких переборок и выгородок.

Технология контактной сварки

Стыковая сварка сопротивлением. Основные параметры стыковой сварки сопротивлением: сила сварочного тока I , усилие осадки $P_{ос}$, установочная длина L_H , припуск на осадку $C_{ос}$, время нагрева $t_{св}$ (табл. 5).

Таблица 5

Расчет параметров стыковой сварки сопротивлением

№ п/п	Наименование параметра	Расчетная формула	Численное значение
1	Диаметр свариваемого прутка d , мм	Табл. 6	
2	Площадь сечения прутка F , мм ²		
3	Плотность тока j , А/мм ²		
4	Сила сварочного тока I , А		
5	Удельное давление осадки P , кгс/мм ²		
6	Усилие осадки $P_{ос}$, кгс		
7	Установочная длина L_H , мм		
8	Припуск на осадку $C_{ос}$, мм		
9	Время нагрева $t_{св}$, сек.		

Сила сварочного тока I (в А) подсчитывается по формуле:

$$I = F \cdot j,$$

где F – площадь сечения свариваемого прутка, мм²; j – плотность тока, А/мм² (определяется по табл. 1 в зависимости от площади сечения прутка).

Величину усилия осадки $P_{ос}$ (в кгс) подсчитывают как произведение удельного давления осадки p на площадь сечения свариваемого прутка F :

$$P_{ос} = p \cdot F.$$

Установочная длина L_H (в мм) – расстояние от торца заготовки до внутреннего края электрода стыковой машины, измеренная до начала сварки. Длина L_H зависит от теплофизических свойств металла, конфигурации стыка и размеров заготовки. При недостаточной установочной длине детали прогреваются недостаточно, т.к. тепло интенсивно отводится в губки. Завышение ее сопровождается перегревом деталей и увеличением длины деформируемого участка. Кроме того, возможны перекосы или несоосность торцов вследствие потери устойчивости. Для углеродистых сталей установочная длина равняется $L_H = (0,5 \dots 0,7)d$, где d - диаметр свариваемого прутка, мм.

Припуск на осадку C_{OC} (в мм) распределяется на осадку под током и осадку без тока. Если осадка недостаточна, в стыке остаются окислы и раковины, наблюдаются непроваренные участки. При завышении величины осадки качество стыков также понижается вследствие искривления волокон и перегрева металла.

Для прутков припуск на осадку определяется:

$$C_{OC} = 0,7 \cdot \sqrt[3]{d} + 0,07 \cdot d$$

Время нагрева $t_{св}$ (в сек) – время прохождения тока через заготовки зависит от плотности тока и площади сечения свариваемого прутка (табл. 6). Завышенное время нагрева является одной из причин возникновения окислов в стыке и образования малопластичной перегретой структуры металла.

Роликовая сварка. Типы соединений для роликовой сварки выбирают с учетом толщины и материала заготовки, а также условий работы изделия.

При изготовлении сосудов предпочтительнее соединение с отбортовкой. При таком соединении деталь во время сварки не вводится в сварочный контур машины, следовательно, сохраняется постоянная величина силы сварочного тока.

Введение в сварочный контур машины магнитных материалов, например, заготовок из малоуглеродистых сталей, вызывает рост индуктивного сопротивления, в результате чего уменьшается сила сварочного тока. Ширина отбортовки для стальных заготовок толщиной 1-2 мм находится в пределах 12-18 мм.

Таблица 6

Ориентировочные величины плотности тока и времени нагрева от площади сечения прутка при стыковой сварке сопротивлением

Площадь сечения прутка, мм ²	Плотность тока, А/мм ²	Время нагрева, сек.
6	300	0,2-0,3
25	200	0,6-0,8
50	160	0,8-1,0
100	140	1,0-1,5
150	120	1,2-2,0
200	100	1,4-2,5
250	80	1,6-3,0
300	60	1,8-3,5
350	40	2,0-4,0
400	20	2,2-4,5

Широко применяют соединение внахлестку, которое при роликовой сварке обеспечивает высокую прочность и плотность швов. Величину нахлестки берут в пределах 10-18 мм.

Рекомендуемые параметры режима непрерывной роликовой сварки следующие (табл. 7):

1. Диаметр отдельных точек d_m (в мм), зависящий от толщины свариваемых деталей, определяется:

$$d_m = 2 \cdot S + 2,$$

где S – толщина более тонкой из свариваемых деталей, мм.

2. Площадь контакта F , мм²:

$$F = \pi \cdot d_m^2 / 4.$$

3. Сила сварочного тока I (в А) зависит от плотности тока и площади контакта электрод-деталь и определяется по формуле:

$$I = F \cdot J.$$

4. Шаг точек a (в мм) определяется из уравнения¹:

$$a = (0,5 \dots 0,7) \cdot d_m.$$

5. Скорость сварки V_{CB} (в м/мин) определяется по формуле:

$$V_{CB} = 2f \cdot 60 \cdot a / 1000,$$

где $f = 50$ – частота тока, Гц; a – шаг точек, мм.

¹ Уравнение приведено для плотных швов; в неплотных швах точки могут не перекрываться и для получения плотного шва расстояние между центрами сварных точек при больших скоростях сварки берётся не более 2-3 мм (шаг точек).

6. Усилие сжатия $P_{СЖ}$ (в кгс) определяется:

$$P_{СЖ} = p \cdot F,$$

где p – удельное, кгс/мм² (при сварке малоуглеродистой стали толщиной до 3 мм составляет 4-12 кгс/мм²). Большие значения соответствуют сварке деталей большей толщины и более жестким режимам.

7. Ширина рабочей контактной поверхности роликовых электродов $B_э$ (в мм) зависит от толщины свариваемого металла S и определяется:

$$B_э = 5 \cdot \sqrt{S} + 2$$

Желательный диаметр электродов 150-200 мм, т.к. при меньшем диаметре увеличивается их износ. При сварке металлов толщиной менее 0,5 мм применяют электроды диаметром 40-50 мм. Для изготовления электродов для точечной и роликовой сварки используется медь марки М1, кадмиевая, хромистая, бериллиевая бронзы и другие сплавы.

Таблица 7

Расчет параметров роликовой сварки

№ п/п	Наименование параметра	Расчетная Формула	Численное значение
1	Толщина свариваемого металла S , мм		
2	Плотность тока j , А/мм ²		
3	Диаметр отдельных точек d_m , мм		
4	Площадь контакта F , мм ²		
5	Сила сварочного тока I , А		
6	Шаг точек a , мм		
7	Скорость сварки $V_{СВ}$, м/мин		
8	Удельное давление осадки p , кгс/мм ²		
9	Ширина рабочей контактной поверхности роликового электрода $B_э$, мм		
10	Усилие сжатия $P_{СЖ}$, кгс		

2. Практическая часть

1. Привести схемы процессов контактной сварки с кратким их описанием.

2. В соответствии с вариантом задания (табл. 8) рассчитать параметры режима стыковой сварки сопротивлением для прутков от

3 до 20 мм из углеродистой стали и непрерывной роликовой сварки заготовок из низколегированной листовой стали толщиной от 0,2 до 3 мм.

Таблица 8

Исходные данные для выполнения работы по контактной сварке

№ варианта	Стыковая сварка	Непрерывная роликовая сварка	
	Диаметр свариваемого прутка d , мм	Толщина свариваемого металла S , мм	Плотность тока j , А/мм ²
1	3,0	0,2	400
2	3,5	0,3	390
3	4,0	0,4	380
4	4,5	0,5	370
5	5,0	0,6	360
6	5,5	0,7	350
7	6,0	0,8	340
8	6,5	0,9	330
9	7,0	1,0	320
10	7,5	1,1	310
11	8,0	1,2	300
12	8,5	1,3	290
13	9,0	1,4	280
14	9,5	1,5	270
15	10,0	1,6	260
16	10,5	1,7	250
17	11,0	1,8	240
18	11,5	1,9	230
19	12,0	2,0	220
20	12,5	2,1	210
21	13,0	2,2	205
22	13,5	2,3	200
23	14,0	2,4	195
24	14,5	2,5	190
25	15,0	2,6	185
26	16,0	2,7	180
27	17,0	2,8	170
28	18,0	2,9	165
29	19,0	3,0	160
30	20,0	3,1	150

3. Содержание отчета

1. Титульная часть. Цель работы.
2. Схемы процессов контактной сварки с кратким их описанием.

нием.

3. Результаты расчетов параметров стыковой и роликовой контактной сварки (табл. 6 и 7).

4. Краткие выводы.

Работа №3 «Измерение геометрических параметров токарных резцов»

Цель работы - ознакомиться с основными типами, назначением и элементами токарных резцов, научиться пользоваться приборами для измерения геометрических параметров резцов.

1. Теоретическая часть

Обработка металлов резанием – это процесс снятия режущим инструментом с поверхности заготовки слоя металла для получения необходимой геометрической формы, точности размеров и шероховатости поверхности детали.

В процессе обработки на заготовке различают: обрабатываемую поверхность, с которой срезается слой металла; обработанную поверхность, с которой слой металла срезан и превращён в стружку; поверхность резания, образованную главной режущей кромкой инструмента и являющуюся переходной между обрабатываемой и обработанной поверхностями (рис. 7).

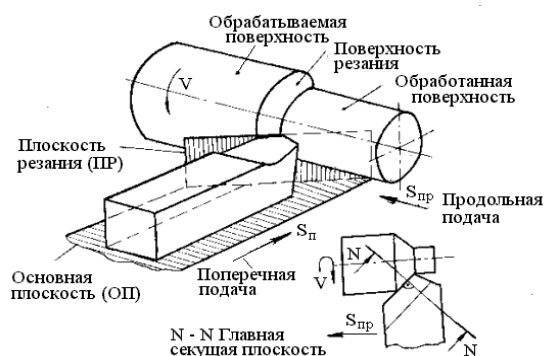


Рис. 7. Поверхности и координатные плоскости

При работе на токарных станках наиболее часто используют проходные прямые, проходные отогнутые, проходные упорные и отрезные резцы (рис. 8).

Проходные прямые резцы предназначены для обработки наружных поверхностей с продольной подачей (рис. 8, а).

Проходной отогнутый резец наряду с обтачиванием с продольной подачей может применяться для подрезания торцов с поперечной подачей (рис. 8, б).

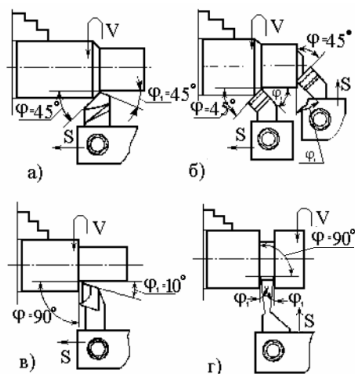


Рис. 8. Основные типы токарных резцов: а – проходной прямой; б – проходной отогнутый; в – проходной упорный; г – отрезной

Проходной упорный резец применяется для наружного обтачивания с подрезкой уступа под углом 90° к оси (рис. 8, в).

Отрезной резец предназначен для отрезания частей заготовок и протачивания кольцевых канавок (рис. 8, г).

Токарный резец состоит из стержня, служащего для закрепления его в резцедержателе станка, и головки резца (рис. 9).

Различают следующие элементы режущей части резца: передняя поверхность, по которой сходит стружка. Главная задняя поверхность, обращенная к поверхности резания заготовки. Вспомогательная задняя поверхность, обращенная к обработанной поверхности заготовки. Главная режущая кромка – линия пересечения передней и главной задней поверхностей. Вспомогательная режущая кромка – линия пересечения передней и вспомогательной задней поверхностей. Вершина резца – точка пересечения главной и вспо-

могательной режущих кромок. Для увеличения износостойкости резца и повышения чистоты обработанной поверхности вершину иногда закругляют или срезают прямолинейной переходной кромкой.

Для выполнения работы резания рабочей части резца необходимо придать форму клина. С этой целью резец затачивают по передней и задней поверхностям. Для определения углов, под которыми располагаются относительно друг друга поверхности рабочей части инструмента, вводят координатные плоскости (см. выше рис. 7).



Рис. 9. Элементы токарного резца

Основная плоскость (ОП) – плоскость, параллельная направлениям продольной и поперечной подачи. У токарных резцов за основную плоскость принимают нижнюю опорную поверхность резца.

Плоскость резания (ПР) – плоскость, проходящая через главную режущую кромку резца касательно к поверхности резания заготовки. Главная секущая плоскость ($N-N$) – плоскость, перпендикулярная к проекции главной режущей кромки на основную плоскость.

Все три плоскости взаимно перпендикулярны.

В главной секущей плоскости измеряют: главный передний угол γ , главный задний угол α , угол заострения β и угол резания δ (рис. 10). Главный передний угол γ образован плоскостью перпендикулярной плоскости резания и передней поверхностью. Главный задний угол α – плоскостью резания и главной задней поверхностью. Угол заострения β – передней и главной задней поверхностями $\beta = 90^\circ - (\alpha + \gamma)$. Угол резания δ образован плоскостью резания и передней поверхностью $\delta = 90^\circ - \gamma$.

В основной плоскости измеряют: главный угол в плане φ , вспомогательный угол в плане φ_1 и угол при вершине ε (рис. 10). Главный угол в плане φ образован проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи. Вспомогательный угол в плане φ_1 – проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением обратным подаче. Угол при вершине ε – угол между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость: $\varepsilon = 180^\circ - (\varphi + \varphi_1)$. В плоскости резания измеряется угол наклона главной режущей кромки λ – угол между главной режущей кромкой и плоскостью параллельной основной.

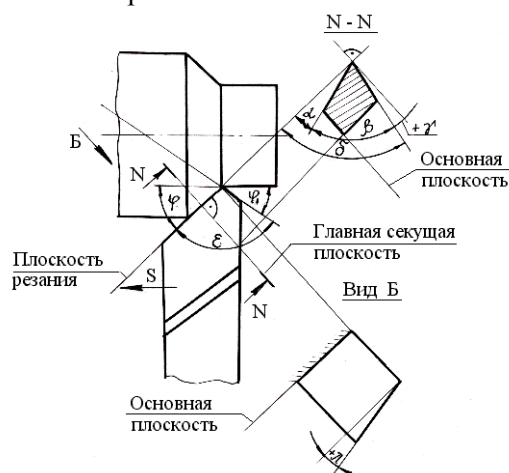


Рис. 10. Углы проходного резца

Углы резца имеют следующее основное назначение:

1. Главный передний угол γ оказывает большое влияние на процесс резания материала. С увеличением угла γ уменьшается деформация срезаемого слоя, так как инструмент легче врезается в материал, понижается сила резания и расход мощности при одновременном улучшении условий схода стружки и повышения качества обработанной поверхности заготовки. Однако чрезмерное увеличение угла γ ведёт к понижению прочности режущего инструмента. На практике величину угла γ берут в зависимости от твердости и прочности обрабатываемого и инструментального материалов. При обра-

ботке хрупких и твёрдых материалов для повышения прочности и увеличения стойкости (времени работы инструмента до переточки) следует назначать углы $\gamma = - (5-10)^\circ$, при обработке мягких и вязких материалов передний угол $\gamma = + (10-25)^\circ$.

2. Угол α способствует уменьшению трения между обрабатываемой поверхностью заготовки и главной задней поверхностью резца. Величина его назначается в пределах от 6° до 12° .

3. Угол ϕ влияет на шероховатость обработанной поверхности заготовки: с уменьшением угла ϕ шероховатость уменьшается, однако при малых значениях угла ϕ возможно возникновение вибраций в процессе резания, что снижает качество обработки.

4. С уменьшением угла ϕ_1 шероховатость обработанной поверхности уменьшается, одновременно увеличивается прочность и снижается износ вершины резца.

5. Угол наклона главной режущей кромки λ может быть положительным, отрицательным и равным нулю (рис. 11), что влияет на направление схода стружки. Если вершина резца является высшей точкой главной режущей кромки, то λ отрицательна и стружка сходит в направлении подачи. Если главная режущая кромка параллельна основной плоскости, то $\lambda = 0$ и стружка сходит по оси резца. Если вершина резца является низшей точкой главной режущей кромки, то λ положительна и стружка сходит в направлении обратном подаче.

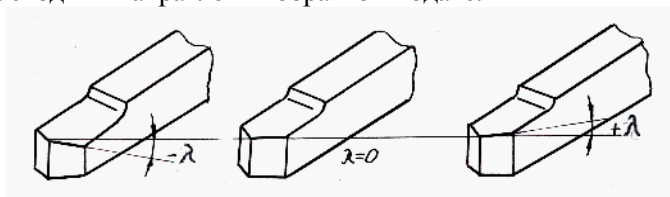


Рис. 11. Углы наклона главной режущей кромки

Геометрические параметры токарных резцов зависят от свойств обрабатываемого материала, марки материала режущего инструмента и условий резания.

Методика измерения углов

Углы резца измеряют с помощью универсального настольного угломера, состоящего из основания, в котором закреплена вертикальная

стойка с измерительным устройством. При настройке угломера измерительное устройство перемещают по вертикальной стойке и в нужном положении фиксируют стопорным винтом.

Для измерения главного переднего угла γ планку угольника b поворачивают до соприкосновения с передней поверхностью резца. При этом риска на указателе покажет значение угла (рис. 12).

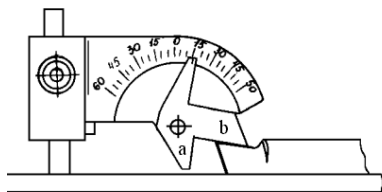


Рис. 12. Схема измерения углов в главной секущей плоскости

При измерении главного заднего угла α пользуются вертикальной планкой угольника a , которой касаются главной задней поверхности резца.

Необходимо помнить, что главные углы резца α и γ измеряют в плоскости нормальной к проекции главной режущей кромки на основную плоскость. Полученные значения заносят в таблицу 9.

Перед измерением углов в плане φ и φ_1 измерительное устройство поворачивают на 180° и снова фиксируют (рис. 13). При измерении главного угла в плане φ резец прижимают к упору стола, а поворотную планку разворачивают до соприкосновения с главной режущей кромкой. Тогда указатель покажет значение угла φ .

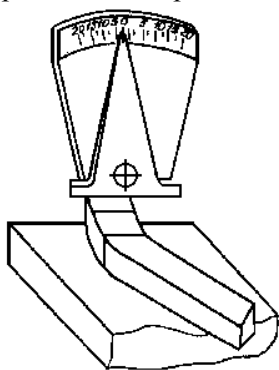


Рис. 14. Схема измерения угла λ

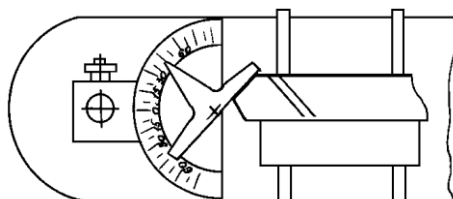


Рис. 13. Схема измерения углов в основной плоскости

Аналогично измеряют вспомогательный угол в плане φ_1 , только в этом случае поворотную планку разворачивают до соприкосновения со вспомогательной режущей кромкой.

Для определения величины угла λ , регулируя положение измерительного устройства по высоте, горизонтальную планку приводят в соприкосновение с главной режущей кромкой без зазора (рис. 14).

Практическое выполнение работы завершают расчётом по соответствующим зависимостям углов при вершине ε , заострения β и резания δ .

Таблица 9

Значения углов резцов

Наименование резцов	Углы в градусах									
	Главный передний угол	Главный задний угол	Угол заострения	Угол резания	Главный угол в плане	Вспомогательный угол в плане	Угол при вершине	Угол наклона режущей кромки	Размер резца	Материал твёрдосплавной пластины
	γ	α	β	δ	φ	φ_1	ε	λ	$b \cdot h$	—
Проходной отогнутый										
Проходной упорный										
Отрезной										

2. Практическая часть

1. Произвести измерение геометрических параметров предоставленных резцов.
2. Расшифровать марки материалов режущих пластин.
3. Определить области применения данных резцов.

3. Содержание отчёта

1. Титульная часть. Цель работы.
2. Краткое описание координатных плоскостей, частей и элементов токарного резца.
3. Рисунки: 7, 9, 10.
4. Результаты измерения геометрических параметров резцов занести в таблицу 9.
5. Выводы по результатам измерений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнение лабораторных работ является завершающим этапом изучения данной дисциплины. Решая поставленные задачи, студенты должны показать свои умения применять и закреплять полученные теоретические знания, приобретают навыки экспериментирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология конструкционных материалов / под ред. А.М. Дальского. - М.: Машиностроение, 2007.
2. Гемонин В.А. Обработка резанием, металлорежущий инструмент и станки / Гемонин В.А., Лукашев Л.К., Суворова Т.Г. - М.: Машиностроение, 2000, 448 с.
3. Магницкая М.В. Производство заготовок (литейное производство) / М.В. Магницкая. - Л.: СЗПИ, 1978.
4. Магницкая М.В. Производство заготовок (обработка металлов давлением) / М.В. Магницкая. - Л.: СЗПИ, 1980.
5. Маликов А.Н. Справочник для работников кузнечно-прессовых цехов / А.Н. Маликов. - М.: Моск. рабочий, 2006.
6. Пирометаллургическое производство никеля [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.ufaleynickel.ru/product>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.
7. Полухин П.И. Технология металлов и сварка / П.И. Полухин, Б.Г. Гринберг, В.Т. Жадан и др. Учебник для вузов: под общ. ред. П.И. Полухина. - М.: Машиностроение, 2004, 464 с.
8. Семенов Е.И. Технология и оборудование ковки и объемной штамповки / Е.И. Семенов, В. Н. Кондратенко, Н. И. Ляпунов. - М.: Машиностроение, 2008.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Работа №1 «Технология газовой сварки».....	4
Работа №2 «Выбор режимов стыковой и роликовой электрической контактной сварки».....	11
Работа №3 «Измерение геометрических параметров токарных резцов».....	23
Заключение.....	30
Библиографический список.....	30

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ

*Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов бакалавриата направления подготовки 22.03.01*

Составители: *Л.Г. Борисова*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
материаловедения и технологии художественных изделий

Ответственный за выпуск *Л.Г. Борисова*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати Формат 60x84/16.

Бум. для копировальной техники. Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л.
Усл.кр.-отт. Уч.-изд.л. Тираж экз. Заказ С

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2