

Сущность и схемы сварки пластмасс расплавом

Сварка термопластов расплавом основана на использовании теплоты расплава присадочного материала, подаваемого из нагревательного устройства в зону сварки, и передаче тепла соединяемым поверхностям.

Метод прост, высокопроизводителен, обладает широкими технологическими возможностями и позволяет получать высококачественные сварные соединения.

Подача расплава может осуществляться непрерывно и периодически. Для непрерывной подачи расплава используются либо экструдер, либо пистолеты с нагревателем прямооточного типа, через который непрерывно подаётся присадочный пруток. Присадочный же пруток обеспечивает выдавливание расплава (расплавленной части прутка) в зону сварки.

В первом случае сварка называется экструзионной, или сваркой экструдированной присадкой, во втором случае – сваркой нагретым прутком. Для периодической подачи расплава в зону сварки используются литьевые машины. Поэтому и способ получил название сварки литьем под давлением.

Экструзионная сварка может осуществляться по бесконтактной и контактной схемам (рис.3.1).

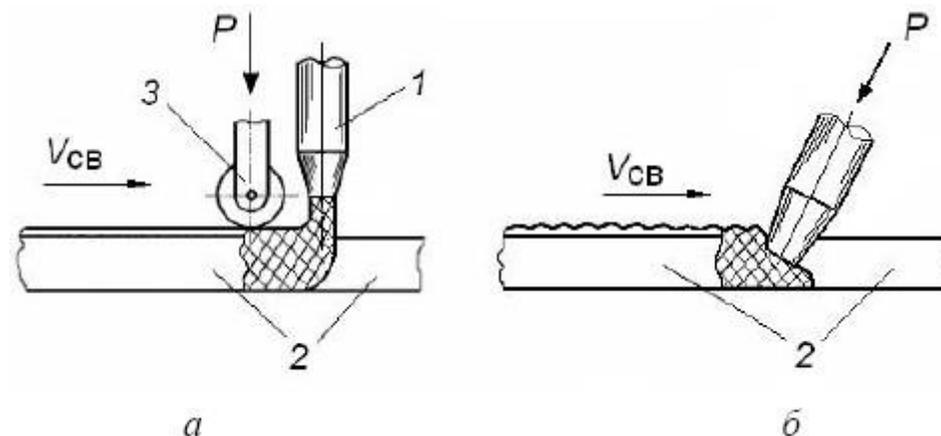


Рис.3.1. Схемы бесконтактной (а) и контактно-экструзионной (б) сварки расплавом: 1 – мундштук экструдера; 2 - свариваемые детали; 3 – прикатывающий ролик

При **бесконтактной сварке** (рис.3.1, а) мундштук экструдера не контактирует со свариваемыми поверхностями, а устанавливается на некотором расстоянии от них. Это расстояние выбирается таким, чтобы расплав, выдавливаемый из экструдера, не успевал охладиться. Из этих же соображений температура расплава на выходе из мундштука должна превышать температуру текучести на 40-50 °К. Для плотного поджатия присадочного материала к свариваемым поверхностям применяются прижимные приспособления (ролики, ползуны и т.п.)

При **контактно -экструзионной сварке** (рис.3.1, б) мундштук экструдера касается кромок соединяемых деталей. За счет этого уменьшаются потери тепла в окружающую среду и осуществляется предварительный подогрев кромок. Давления, развиваемого в экструдере, достаточно для создания необходимого контакта присадочного материала с соединяемыми кромками, поэтому дополнительных прижимных устройств не требуется.

При сварке в один проход экструдер обычно имеет форму разделки кромок и перемещается по стыку под углом 10-15° к вертикали. Соединяемые поверхности перед нагревом их мундштуком экструдера можно предварительно нагревать горячим газом. Способ сварки по этой схеме назван контактно-экструзионной сваркой с предварительным подогревом.



Технология и параметры режима сварки пластмасс

Экструзионная сварка обычно применяется для термопластов с низкой температурой текучести и широким температурным интервалом вязкотекучего состояния, способных выдерживать значительный перегрев без деструкции. К ним относятся полиэтилен, полипропилен, пластифицированный поливинилхлорид и др.

Бесконтактную экструзионную сварку целесообразно применять для соединения материалов небольшой толщины (до 3 мм). Это, в первую очередь, одно- и многослойные пленки и армированные пленочные материалы.

Сварка производится путем непрерывной подачи в зазор между соединяемыми поверхностями расплава, который вместе с пленками проходит между прижимными роликами (рис.3.2).

Преимуществом сварки по этой схеме является то, что исключается возможность утонения материала в зоне шва, возможное при других методах.

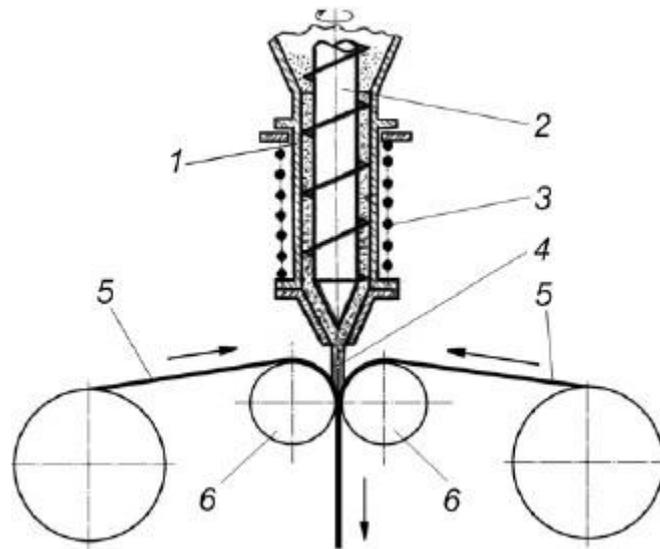


Рис.3.2. Схема бесконтактной экструзионной сварки полимерных пленок: 1 – корпус экструдера; 2 – шнек; 3 – нагреватель; 4 - присадка из экструдера; 5 – свариваемые пленки; 6 – прижимные ролики

Скорость сварки пленок зависит от производительности экструдера и их толщины и может изменяться от 0,5 до 3 м/с.

Тонкие полиэтиленовые и пропиленовые пленки толщиной до 60 мкм можно сваривать путем подачи присадочного материала поверх двух слоев пленок. Толщину присадочного материала при сварке однослойных и армированных пленочных материалов выбирают равной толщине пленки, а ширину нахлестки – 3...4 мм (для пленок толщиной до 400 мкм).

Сварку экструдированной присадкой можно использовать для выполнения стыковых, угловых, тавровых и нахлесточных соединений. Основные типы и размеры конструктивных элементов регламентированы ГОСТ 16310-80 и определяются толщиной материала, нагрузкой, действующей на сварную конструкцию, и доступностью к месту сварки.

Экструзионная сварка листовых материалов толщиной до 3 мм выполняется без разделки кромок только контактным методом, так как в этом случае разделка осуществляется при движении мундштука в процессе сварки. При больших толщинах следует применять V- или X-образную разделку кромок. Важен правильный выбор угла разделки кромок, так как от него во многом зависит прочность сварного соединения. При угле раскрытия кромок до 100° для образцов с V-образной разделкой и до 80° для образцов с X-образной разделкой прочность сварного соединения возрастает с увеличением этого угла, достигая прочности основного материала. При дальнейшем увеличении угла раскрытия кромок повышается расход присадочного материала, а следовательно, и число проходов, что приводит к снижению скорости сварки.

Для получения прочных и герметичных сварных соединений следует выполнять сварку с зазором 1,5-2,5 мм. Ручной сваркой даже при наличии зазора трудно обеспечить стабильное проплавление корня шва по всей его длине. В этом случае соединения выполняют с подваркой корня шва с обратной стороны. Если обратная сторона недоступна, применяют подкладки (съёмные или остающиеся). Подкладки необходимо изготавливать из материалов с малой теплопроводностью: керамические, металлические с полимерным покрытием, полимерные.

Разнотолщинность свариваемых материалов в случае стыковых соединений не должна превышать 1 мм. Если разность толщин свариваемых материалов превышает 1 мм, то на листах большей толщины S1 делается скос под углом $15\pm 5^\circ$ с одной или двух сторон до толщины более тонкого листа S (рис.3.3). Подготовку кромок под сварку можно выполнять резаками (вручную), а также на фрезерном или токарном станке.

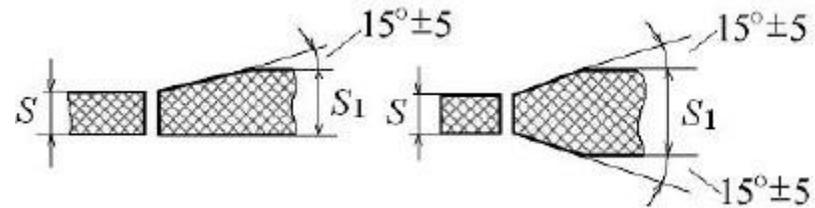


Рис.3.3. Подготовка кромок при сварке разнотолщинных материалов

При сварке стыковых и угловых соединений число проходов определяется толщиной соединяемого материала и производительностью экструдера. При толщине материала до 6 мм указанные соединения можно выполнять за один проход, при толщине более 6 мм – за несколько проходов. Основными технологическими параметрами экструзионной сварки являются:

- температура присадочного материала;
- скорость сварки;
- давление на расплав.

Оптимальные значения скоростей сварки лежат в интервале 5-300 м/ч, а оптимальные значения давлений на расплав – в интервале 0,05-0,6 МПа. Чем выше температура материала на выходе из экструдера, тем меньше давление и больше скорость сварки.

Сварка на оптимальных режимах обеспечивает прочность сварных соединений, близкую к прочности основного материала, причем оптимальные значения параметров режима не зависят от толщины материалов. Лучшие результаты достигаются при использовании присадки из того же материала, что и свариваемые.

Сварка нагретым прутком чаще всего используется в монтажных условиях, где возникает необходимость в применении ручных малогабаритных устройств (рис.3.4). Расплавленный материал подается в зону сварки непрерывно поступающим в нагревательный цилиндр устройства сварочным прутком. Нагрев прутка в цилиндре осуществляется горячим воздухом или электронагревателем. Иногда этот способ используют совместно с

предварительным подогревом свариваемого материала горячим воздухом. Рекомендуется использовать присадочные прутки диаметром от 2,5 до 6 мм.



Рис.3.4. Экструзионная сварка внутреннего шва полимерной трубы

Разновидностью способов сварки термопластов экструдированной присадкой является сварка литьем под давлением. В этом случае расплав подается в зону соединения из литьевой машины периодически (рис.3.5). Таким способом соединяют заранее отштампованные детали. Сварку осуществляют в специальной форме, которая имеет каналы, расположенные по линии разъема. По этим каналам продавливается расплав. Расплав, передавая часть тепла кромкам соединяемых деталей, плавит и соединяет их по линии разъема. Данный способ обладает высокой производительностью, его используют при сварке изделий в труднодоступных местах по поверхностям сложной конфигурации, когда сварка другими способами невозможна или затруднена.

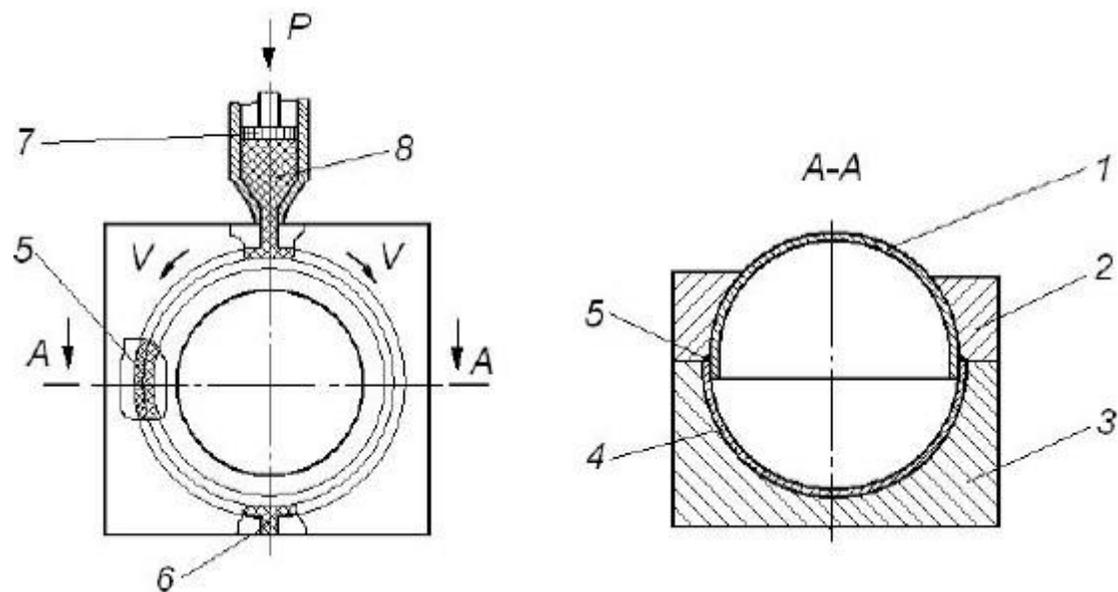
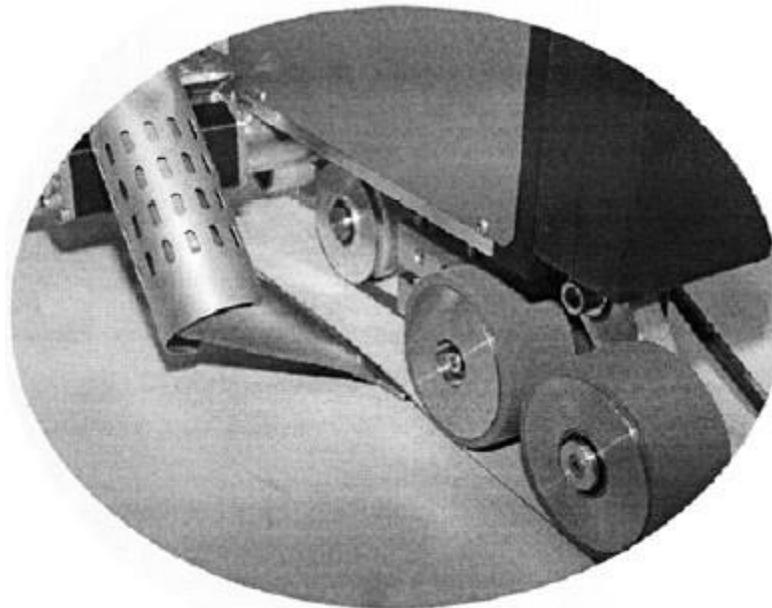


Рис.3.5. Схема сварки методом литья под давлением сферической конструкции: 1 – верхняя полусфера; 2, 3 – части прессформы; 4 – нижняя полусфера; 5 – сварной шов; 6 - контрольное отверстие; 7 - литьевая машина; 8 – присадочный материал; V – направление движения расплавленного материала



Оборудование для сварки расплавом

Разработана серия малогабаритных полуавтоматов ПСП-5, ПСП-5М, ПСП-6 и РЭСУ с прямоточными пистолетами и ПСП-3Э, ПСП-4 со шнековыми пистолетами.

В конструкциях пистолетов шнекового типа для получения расплава используются гранулы полимерного материала (рис.3.6). Для этого на корпусе пистолета монтируется бункер для гранул. Горловина бункера сообщается с центральным каналом пистолета, в котором вращается шнек, а на боковой поверхности мундштука выполнены отверстия для подачи нагретого газа теплоносителя. Пистолет может иметь водяное охлаждение.

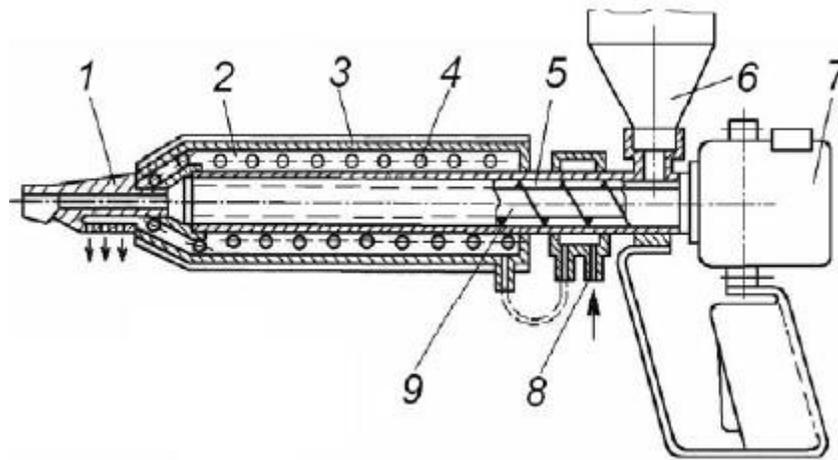


Рис.3.6. Схема пистолета шнекового типа с бункером для загрузки гранулята: 1 – мундштук; 2 – канал подачи газа теплоносителя; 3 – корпус; 4 - электронагреватель; 5 - канал подачи присадки; 6 – бункер; 7 – электродвигатель; 8 – штуцер подачи газа теплоносителя; 9 – шнек

Сварочный полуавтомат ПСП-3Э включает ручной пистолет-экструдер массой 6,1 кг и шкаф с электроаппаратурой. Пистолет представляет собой малогабаритный экструдер, вращение шнека в котором обеспечивается электродвигателем через планетарный редуктор. Цилиндр экструдера, в котором вращается шнек, имеет зону загрузки материала, охлаждаемую водой, и зону электрообогрева, температура которой регулируется величиной силы тока в нагревательном элементе. К передней части цилиндра крепится сменный мундштук, форма которого соответствует форме разделки кромок свариваемого материала. Производительность пистолета – 0,5 кг расплава в час.

Полуавтомат ПСП-5 включает пистолет-экструдер прямооточного типа (рис.3.7), пульт управления, электрический кабель и резиновые шланги для подвода охлаждающей воды. Пистолет-экструдер, в свою очередь, включает механизм подачи присадочного прутка, состоящий из электродвигателя и редуктора с подающими роликами. Один из роликов подпружинен и позволяет регулировать усилие сцепления тянущего ролика с присадочным прутком. Положение другого ролика регулируется винтом, что дает возможность настраивать подачу присадочного прутка диаметром 3-6 мм. Для плавления присадочного материала служит цилиндр с электрическим нагревательным элементом. Цилиндр ввинчен в охладитель, который омывается водой и охлаждает входную зону цилиндра для предотвращения преждевременного размягчения присадочного материала. Охладитель и редуктор смонтированы в корпусе пистолета, в котором установлены также электродвигатель и микровыключатель.

Производительность пистолета ПСП-5 равна 0,25 кг расплава в час, диаметр присадочных прутков 3,5-4 мм, мощность привода 25 Вт, масса пистолета 1,2 кг.

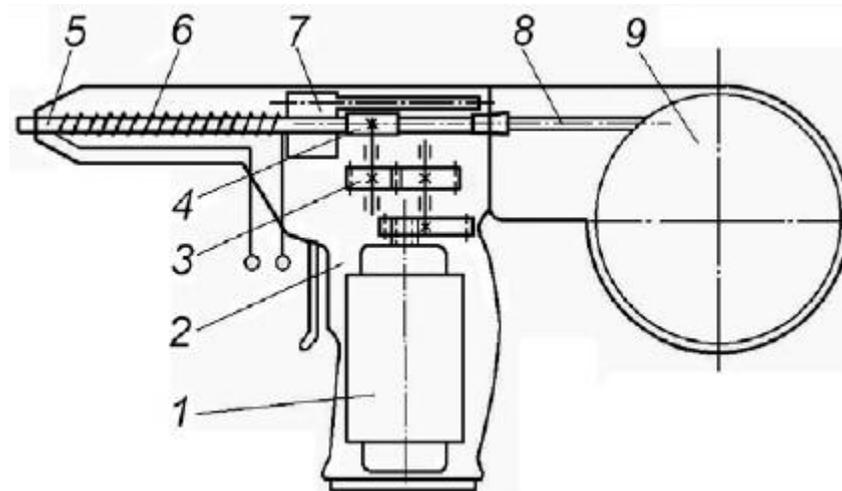


Рис.3.7. Схема пистолета-экструдера прямооточного типа: 1 – электродвигатель; 2 – рукоятка; 3 – редуктор; 4 – подающие ролики; 5 – цилиндр; 6 – электронагреватель; 7 – охладитель; 8 – присадочный пруток; 9 – кассета с присадочным материалом

Полуавтомат ПСП-5М отличается от ПСП-5 тем, что на цилиндре пистолета-экструдера смонтирована винтообразная трубка для нагрева газатеплоносителя; расход газа – до 0.5 м³/ч. Нагрев газа-теплоносителя и плавление присадочного материала осуществляется одной спиралью. Применение газа-теплоносителя позволяет качественно сваривать материалы с узким интервалом вязкотекучего состояния (пентапласт, полипропилен и др.).

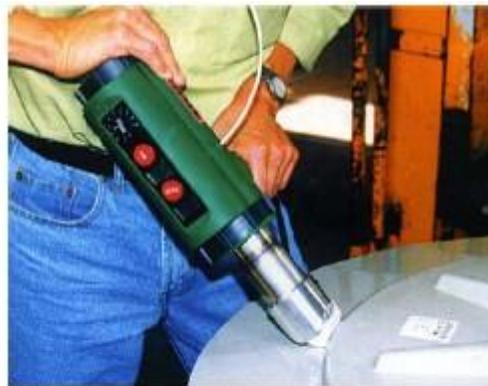
По этому же принципу работают пистолеты серии РЭСУ производительностью 0,5-1 кг/ч. Отличие заключается в том, что в них нагрев газа осуществляется от самостоятельного нагревателя.

Из зарубежного оборудования на отечественном рынке представлен широкий ассортимент ручных сварочных экструдеров от компактной модели LEISTER WELDMAX (швейцарской фирмы «LEISTER») и серии аппаратов ROWELD (немецкой фирмы «POTENBERGER») до мощных шнековых моделей серии DX (DX001, DX002 ...DX010) другой немецкой фирмы DOHLE Extrusionstechnik. Эти экструдеры отличаются надежной конструкцией, цифровыми блоками регулировки температуры массы и воздуха, отображением на дисплее реальной и заданной температуры, широким выбором насадок и т.п.

Сварочный миниэкструдер WELDMAX (рис.3.8, а) - компактный бесшнековый ручной экструдер для сварки конструкций из листовых термопластичных материалов; оснащен отдельной цифровой регулировкой температуры воздуха (до 400°С) и полимерной массы (до 270°С). WELDMAX обеспечивает более высокую производительность (до 0,7 кг/ч) и экономичность по сравнению с прутковой сваркой горячим воздухом, имеет сварочные насадки из фторопласта для любых форм шва. Используется для сварки конструкций из листового полиэтилена и полипропилена (рис.3.8, б), пластиковых труб для безнапорных систем, ПЭ-оболочки при производстве фасонных изделий для трубопроводов. Для сварки используется пруток диаметром 4 мм. Расход воздуха до 300 л/мин. Имеет вес 3,8 кг.



a



б

Рис.3.8. Сварка конструкции из пропилена миниэкструдером Велдмакс

На рис.3.9 представлены две модели экструдеров фирмы DOHLE – экструдер DOHLE 1502 С, работающий с присадочным прутом (рис.3.9, а), и экструдер DOHLE 6002 РС (рис.3.9, б), работающий на грануляте.

Ручной сварочный экструдер 1502 С со встроенной подачей воздуха работает на присадочном прутке. Воздушный нагрев камеры пластификации осуществляется нагретым воздухом. Аппарат имеет цифровой контроллер температуры экструдированной массы. Предназначен для сварки конструкций из пластмасс внутри помещений. Свариваемая толщина - до 15 мм.



Рис.3.9. Ручные сварочные экструдеры DOHLE 1502 C (а) и DOHLE 6002 PC (б)

Ручной сварочный экструдер 6002 PC со встроенной подачей воздуха работает на грануляте. Имеет отдельный нагрев камеры пластификации, цифровые контроллеры температуры массы и воздуха. Предназначен для сварки конструкций из пластмасс внутри и вне помещений. Технические характеристики этих аппаратов приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Основные технические характеристики	Тип экструдера	
	DOHLE 1502 C	DOHLE 6002 PC
Привод, Вт	800	1600
Нагреватель воздуха: LEISTER ЭЛЕКТРОН, Вт	3400	3400
Нагреватель камеры, Вт	-	1200
Расход воздуха, л/мин	300	300
Производительность, кг/ч (диаметр прутка, мм)	0,6 (3) - 1,7 (4)	6,0 (Гранулят)
Свариваемые материалы	ПЭ / ПП	ПЭ / ПП
Вес, кг	6,8	10,8
Фирма производитель	DOHLE	DOHLE

Пистолеты-экструдеры комплектуются сменными насадками (рис.3.10, а), служащими для подачи присадки в разделку шва, создания сварочного давления и позволяющими выполнять все типы швов. Для удобства выполнения сварочных работ в различных пространственных положениях экструдеры могут иметь насадки, вращающиеся на 360° (рис.3.10, б) или устанавливаемые под разными углами (рис.3.10, в).



Рис.3.10. Типы насадок на экструдеры

