

Сварка пластмасс излучением

Сварка пластмасс излучением основана на способности пластмасс поглощать лучистую энергию и за счет этого нагреваться. Сварка излучением нашла широкое применение благодаря многим достоинствам:

1. отсутствие непосредственного контакта нагревателя (излучателя) с нагреваемой поверхностью, что исключает необходимость применения мер по предупреждению адгезии расплава к нагревателям;
2. при нагреве поверхностей деталей не происходит принудительного вытеснения расплава в первичный грат; при удалении нагревателя из зоны нагрева излучатель механически не деформирует расплавленный слой;
3. при сварке пленки не образуется так называемый подрез по границе шва, возникающий при контактной сварке нагретым роликом, полозом, утюгом;
4. технологическая пауза при нагреве короче, чем при контактнотепловой, так как отсутствует необходимость отвода нагревателя от нагреваемых поверхностей; в крайнем случае требуется лишь удаление нагревателя из зазора между поверхностями;
5. процесс нагрева легко регулируется путем изменения мощности лучистого потока и расстояния до объекта.

В соответствии с видом источника излучения и характером генерируемого им излучения различают следующие разновидности сварки:

- сварка инфракрасным излучением (ИК-излучением);
- сварка светом видимого диапазона;
- сварка лазером.



Сварка пластмасс инфракрасным излучением

Инфракрасные лучи (ИК-лучи) имеют электромагнитную природу. ИК-лучи обладают всеми свойствами видимого спектра излучения. Они преломляются, отражаются и поглощаются. Поглощаемость ИК-лучей телами и

использована для сварки. Поглощение сопровождается превращением электромагнитной энергии в тепловую, что приводит к повышению температуры облучаемого тела.

Различные термопласты по-разному поглощают лучистую энергию, и это поглощение происходит не только нагреваемой поверхностью, но в зависимости от степени прозрачности материала и внутренними слоями, что определяет также глубину прогрева. Если частота ИК-лучей совпадает с собственной частотой колебаний элементарных частиц облучаемого тела, то происходит так называемое резонансное поглощение, т.е. превращение электромагнитной энергии в тепловую. Важной характеристикой нагрева ИК-лучами служит степень поглощения термопластами лучистой энергии.

Степень поглощения энергии ИК-лучей зависит от природы полимера, наличия добавок (красителей, наполнителей и т.д.) и толщины свариваемых материалов. В порядке убывания степени поглощения, а следовательно, и возможности разогрева ИК-лучами термопласты можно расположить в следующий ряд: пентапласт, полиамиды, полиэтилентерефталат, поливинилхлорид, полиолефины, фторопласты.

Распределение температур при нагреве ИК-излучением неравномерно. Это обусловлено неравномерностью поглощения энергии ИК-лучей по мере распространения их в глубь тела, а также наличием теплоотвода с поверхностей свариваемых деталей. Если в излучении преобладают длины волн, для которых свариваемые детали непрозрачны, то большая часть электромагнитной энергии переходит в тепловую уже в слоях, прилегающих к облучаемым поверхностям. Чем более прозрачен материал для ИК-лучей, тем глубже будет располагаться зона максимальных температур.

Если материал обладает высокой степенью проницаемости, как, например, в случае сварки тонких пленок, сварку производят на подложках, обладающих высокой поглощающей способностью. ИК-лучи, пройдя через проницаемую пленку, поглощаются материалом подложки. Подложка, разогреваясь, передает тепло контактирующим с ней слоям пленки так же, как в случае сварки нагретым инструментом косвенным нагревом. Такие подложки выполняют из черной бумаги, полиуретана, микропористой резины или прорезиненных тканей.



Технология сварки инфракрасным излучением

Сварка ИК-излучением используется для получения нахлесточных и рантовых соединений тонких пленок, а также стыковых соединений листов, труб и профилей.

Основные технологические параметры сварки ИК-излучением: мощность излучения (температура нагревателя), время нагрева свариваемых поверхностей, усилие и скорость осадки после нагрева.

Технологические параметры сварки ИК-излучением труб из термопластов зависят от типа излучателя. При нагреве торцов труб для стыковой сварки рекомендуются режимы, приведенные в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Материал	Температура излучателя, °С	Продолжительность нагрева, с	Давление осадки, МПа
ПЭНД	840-860	18-20	0,2
ПЭВД	820-840	16	0,15
ПП	820-840	27	0,3
Винипласт	820-840	31-32	20
Примечание. Зазор между торцами 20 мм; скорость осадки 20 мм/с			

Прочность сварных соединений при сварке пленок ИК-излучением составляет 0,6-0,7 прочности свариваемой пленки. Стыки труб из полиэтилена, сваренные плоскими ИК-излучателями кольцевого и ленточного типа, при кратковременных испытаниях имеют прочность 0,9-1 прочности основного материала труб.

Сварка ИК-излучением имеет единственный недостаток: при нагреве оплавливаемые поверхности на протяжении всего цикла находятся в контакте с окружающей средой, что ведет к развитию окислительных и деструктивных процессов в расплавах термопластов. Для устранения этого недостатка используются системы для сварки в среде инертных газов.

Сварка пленок осуществляется по нескольким схемам в зависимости от принципа создания давления в зоне соединения.

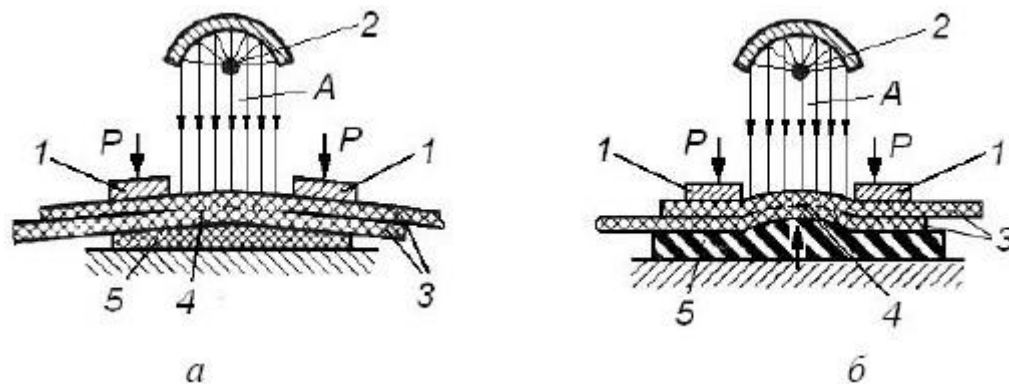


Рис.6.1. Сварка ИК-излучением: а - на жесткой подложке; б - на упругой подложке; 1 - губки, ограничивающие зону облучения; 2 - нагреватель; 3 - свариваемые пленки; 4 - сварной шов; 5 - подложка; А - ИК-луч; Р - давление прижима

При сварке по схеме, приведенной на рис.6.1, а, используется жесткая выпуклая подложка, на которую натягиваются свариваемые материалы. Материалы прижимаются к подложке парой губок, которые одновременно служат для ограничения зоны нагрева. Давление в контакте пленок возникает при их растяжении за счет разогрева. При этом возникает утонение в зоне соединения, что является недостатком такой схемы.

Лучшее качество соединения обеспечивает схема, при которой в роли подложки используется эластичный материал (рис.6.1, б). Эластичность позволяет создать натяжение пленок в зоне облучения (направление натяжения показано стрелкой) за счет сжатия подложки давлением, приложенным через ограничители зоны сварки. Подложка, кроме того, должна обладать некоторой адгезией к расплаву полимера. В противном случае образуются узкие жгутообразные швы с низкой морозостойкостью. Всем этим требованиям в наибольшей мере удовлетворяют подложки из черной микропористой резины, пенополиуретана и прорезиненных тканей.

Соединение рантовыми швами производят путем оплавления кромок пленок, выпущенных на небольшое расстояние из зажимных губок (рис.6.2, а). При этом может применяться импульсный режим облучения. Сварка происходит одновременно по всей длине торца пленки одиночным тепловым импульсом, возникающим при кратковременном пропускании тока через ленточный нагреватель. По всей длине шов имеет вид гладкого узкого рубца одинакового сечения.

По этой схеме можно сваривать подавляющее большинство термопластов. Применяя постоянно нагретый излучатель и непрерывную подачу материала, можно получать протяженные торцовые швы и вести процесс на конвейере.

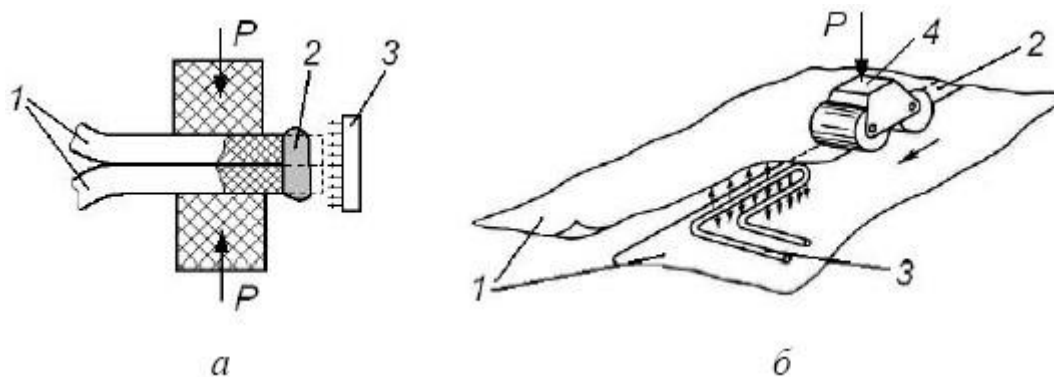


Рис.6.2. Схема сварки ИК-излучением рантового шва (а) соединения внахлестку (б) 1 - свариваемые пленки; 2 - сварной шов; 3 - ИК - излучатель; 4 - прикатывающие ролики

Возможна сварка оплавлением и внахлестку (рис.6.2, б). Оплавленные поверхности затем прокатываются роликом.

Непрерывные протяженные швы для всех схем сварки пленок ИК-излучением получают перемещением излучателя относительно пленок или наоборот.

ИК-излучением хорошо свариваются пленки из пентапласта, поливинилхлорида и полиэтилена низкой плотности. Толщина пленок обычно составляет 100-300 мкм. Температура нагревателя (силитового стержня) до 200 °С, расстояние от нагревателя до пленок 12-14 мм, скорость сварки 0,02-0,06 м/с. Меньшая скорость соответствует сварке поливинилхлорида, а большая – полиэтилена.

Этапы сварки стыковых соединений труб и профильных элементов сходны с этапами сварки нагретым инструментом, только стадия оплавления протекает без контакта нагревателя со свариваемыми торцами.



Оборудование для сварки пластмасс инфракрасным излучением

Большинство полимерных материалов имеет максимум поглощающей способности, соответствующий ИК-излучению с длинами волн более 2,5-3 мкм. Для создания излучения с такими длинами волн используются стержневые кварцевые лампы, силитовые стержни и нагреватели из хромистых сталей.

Кварцевые лампы стержневого типа выпускаются в виде газонаполненных трубок с токопроводящей вольфрамовой спиралью. Такие лампы создают большую плотность облучения (до 1 Вт/мм²) при работе короткими импульсами длительностью до 1-5 с.

Однако их чувствительность к сотрясениям и высокая стоимость ограничивают их применение. На базе этого нагревателя создано несколько нагревательных устройств, самым известным среди которых является ИК-излучатель «Пилад» с кварцевой лампой, предназначенный для ручной сварки линолеума с поливинилхлоридным покрытием.

Силитовые стержни изготавливают путем обжига композиции из карбида кремния, кристаллического кремния и углерода. Концы стержней металлизуют, чтобы обеспечить возможность подключения их к источнику электрической энергии. Так как материал обладает большим удельным электрическим сопротивлением, то при

пропускании электрического тока стержни могут накаляться до 1254 °С. Недостатки силитовых излучателей: малый срок службы (1000 ч) и возможность разрушения под действием кислорода, влаги и паров углекислоты.

Излучатели из нихрома и жаропрочных хромистых сталей изготавливают в виде спирали из проволок диаметром 0,5-0,8 мм или ленты, наматываемых на кварцевую или фарфоровую трубку диаметром 8-10 мм. Ширина ленты обычно выбирается равной ширине сварного шва. Форма таких нагревателей зависит от конфигурации сварного шва.

При потребляемой мощности 1,5-2,0 кВт температура нагрева хромоникелевых нагревателей составляет 1000-1100 °С. Из стержневых и полосовых элементов изготавливают плоские прямоугольные или фигурные ИК-излучатели, предназначенные для стыковой сварки листов, стержней и труб.

Плоские прямоугольные нагреватели используют для сварки труб диаметром до 100 мм.

Для сварки стыковых швов труб диаметром более 100 мм во избежание нерациональных потерь теплоты применяют кольцевые нагреватели, наружный диаметр которых на 25-35 мм больше, а внутренний – на столько же меньше диаметра труб.

В современных сварочных устройствах источники лучистой энергии komponуют в зависимости от конкретных условий, диктуемых конструкцией свариваемых узлов, видом материала и условиями сварки. Например, оптическая система излучателя «Пилад-220» для сварки линолеума (рис.6.3) состоит из двух кварцевых ламп КИ 220-1000, являющихся источниками излучения (мощность 1 кВт); двух параболических отражателей, изготовленных из сплава АК-6; двухступенчатого коллектора, у которого вторая ступень одновременно служит прижимной рамкой, обеспечивающей совмещение кромок свариваемого материала в одной плоскости. Коллекторы изготавливают из высоколегированной стали с полированными скосами.

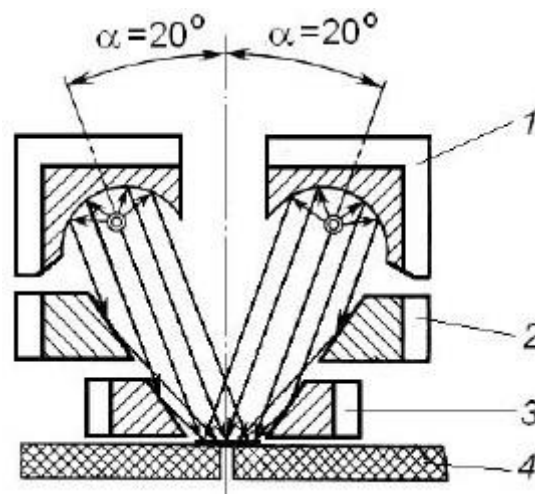


Рис 6.3. Оптическая схема излучателя «Пилад-220»: 1 – отражатели излучения; 2, 3 – коллектор; 4 – свариваемый материал

В зависимости от взаимного расположения источников излучения в оптической системе меняется характер теплового поля на нагреваемых деталях. Например, меняя угол наклона отражателей (рефлекторов) вокруг их продольной оси, меняют интенсивность теплового поля по ширине зоны нагрева.

Устройство «Пилад-220» используют при монтажных работах для сварки ковров в цеховых условиях при непрерывном скольжении. Для осуществления давления на соединяемые кромки после их сплавления на второй ступени коллектора имеется специальный полз, который при движении корпуса сварочного устройства обеспечивает течение термопласта, находящегося в расплавленном состоянии.

Сварка пленок ИК-излучением может осуществляться с помощью машин, предназначенных для сварки нагретым газом, после замены сварочной головки. В качестве излучателей в этих машинах устанавливают силитовый стержень с охлаждаемым рефлектором. Зона сварки ограничивается двумя бесконечными стальными лентами, натянутыми на ролики. Давление в зоне сварки создается за счет упругой деформации подложки по схеме, изображенной на рис.6.1, б.

Схема сварочной головки представлена на рис.6.4. Под сварочную головку непрерывно подается собранная внахлестку пленка. Кромки нахлестки прижимаются к подложке двумя стальными замкнутыми лентами, которые непрерывно захватывают поступающую под головку пленку и перемещают её без проскальзывания с помощью вращающихся роликов. Подложка представляет собой непрерывное полотнище из прорезиненной ткани или армированной волокном микропористой резины, натянутое на ролики опорного стола и перемещающееся со скоростью сварки. Благодаря этому происходит подача пленки под сварочную головку. Упругая подложка обеспечивает поджатие, необходимое для сварки пленки, приведенной в вязкотекучее состояние в зоне контакта. Между прижимными роликами подвешен источник ИК-излучения длиной 200-250 мм с отражающим рефлектором.

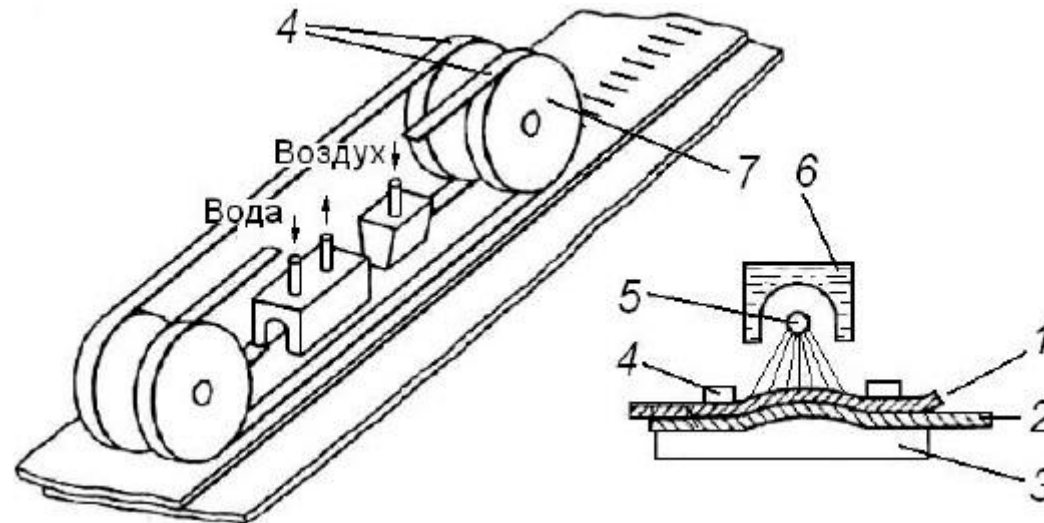


Рис.6.4. Схема сварочной головки для непрерывной сварки пленки ИК-излучением: 1,2 – свариваемые пленки; 3 – подложка; 4 – стальные ленты; 5 – источник ИК-излучения; 6 – рефлектор; 7 – прижимные ролики

Рефлектор непрерывно охлаждается проточной водой. За излучателем (по ходу сварки) расположена многосопловая или щелевая головка, через которую на только что выполненный шов подается струя холодного воздуха.

Для стыковой сварки листов с использованием присадочного материала созданы сварочные тракторы, обеспечивающие предварительный нагрев свариваемых кромок и нагрев конца присадочного прутка двумя отдельными нагревателями и последующую прикатку размягченного прутка роликом.

Трубосварочные установки для соединения пластмассовых труб диаметром 100-300 мм ИК-излучением в стационарных и монтажных условиях снабжены механизмом стыковки и сжатия свариваемых труб с электромагнитными зажимными устройствами. Типичная сварочная установка такого конструктивного решения УСПТ-ИК-1С предназначена для автоматической сварки труб с наружным диаметром до 140 мм в монтажных условиях.



Сварка пластмасс световым лучом

Сварка световым лучом принципиально не отличается от сварки ИК-излучением. Для осуществления этого метода используется излучение с диапазоном длин волн 0,5-0,7 мкм. В основном этот метод применяется для сварки пленок и сварки листов встык.

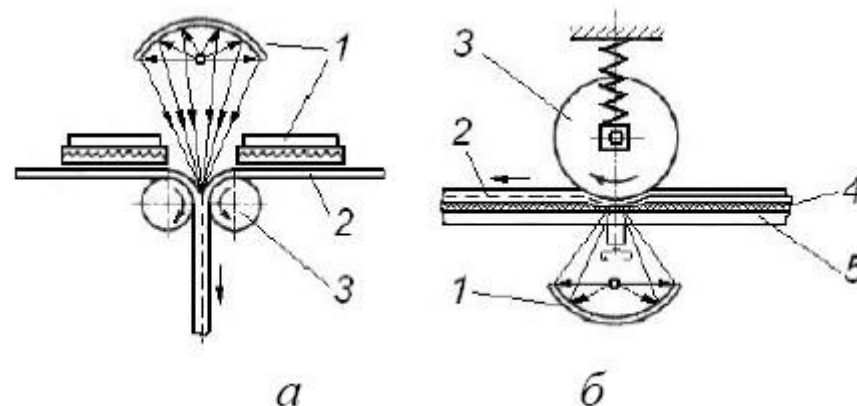


Рис.6.5. Сварка пленок световым лучом прямым (а) и косвенным (б) нагревом: 1 – источники света; 2 – свариваемый материал; 3 – прижимные ролики; 4 – резиновая прокладка; 5– кварцевый диск

Сварка пленок возможна как прямым (рис.6.5, а), так и косвенным нагревом (рис.6.5, б). При сварке прямым нагревом используются три нагревателя: два стержневого типа – для предварительного нагрева свариваемых кромок и точечный излучатель – для сварки.

Сжатие размягченного материала производится роликами. Ими же осуществляется перемещение свариваемого материала. Скорость сварки полиэтиленовых пленок может достигать 0,5 м/с, а поливинилхлоридных с черным пигментом – 1,6 м/с. Такая высокая производительность обусловлена большой концентрацией энергии – до 4 Вт/мм².

При сварке оптически прозрачных пленок, при одностороннем нагреве в качестве источника тепла можно использовать подложку, на которой уложена свариваемая собранная внахлестку прозрачная пленка (рис.6.5, б). Наиболее пригодна для этой цели резиновая подложка с саржевым наполнителем. Такая подложка обладает высоким коэффициентом поглощения, быстро нагревается и отдает тепло пленке при непосредственном контакте с ней за счет теплопроводности.

При сварке пленки толщиной более 500 мкм световой луч направляют на поверхность между пленками, т.е. до максимальной температуры нагреваются непосредственно соединяемые поверхности нахлестки.

После нагрева пленки до вязкотекучего состояния их обычно сжимают роликами с антиадгезионным покрытием. Давление, прикладываемое к роликам, должно быть таким, чтобы, с одной стороны, обеспечить течение расплава на участке, соединяемом внахлестку, а с другой стороны, чтобы рабочее давление не вытягивало пленку во избежание образования по всему шву поперечных гофр.

Скорость нагрева пленки составляет более 100 °С/с. Нагревать можно как сфокусированным (точечным) источником, так и линейным (вытянутым пучком излучения), например силитовым стержнем или трубчатой кварцевой лампой по схеме, показанной на рис.6.2, б. В последнем случае можно в несколько раз увеличить линейную скорость непрерывной сварки пленки. Непосредственно за излучателем должен следовать прижимной

ролик для прикатки свариваемой нахлестки, т.е. для обеспечения течения расплава в зоне контакта свариваемых пленок и одновременного охлаждения шва. В случае недостаточного охлаждения шва после сварки под давлением происходит его коробление. Поэтому при значительных скоростях применяют несколько роликов, следующих один за другим.

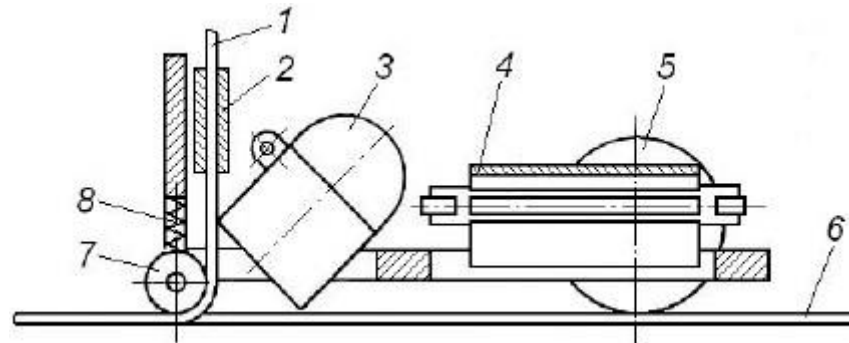


Рис.6.6. Схема сварки листового термопласта световым излучением с применением присадочного материала: 1– присадочный пруток; 2– подогреватель; 3– точечный излучатель; 4– стержневой излучатель; 5,7– ролики; 6– листовой термопласт; 8 –пружина

[Поможем подобрать бизнес-курс](#)

Получила распространение схема сварки световым излучением листовых термопластов с применением присадочного материала (рис.6.6). В этом случае используются два нагревателя: стержневой излучатель – для предварительного нагрева кромок и точечный излучатель – для нагрева прутка и кромок. Пруток дополнительно нагревается в подогревателе. Прижим размягченного присадочного материала производится роликами. Для получения непрерывных швов сварочное устройство перемещается с помощью транспортирующих роликов.

В случае сварки излучением труб, листов, профильных изделий встык источник излучения, как правило, размещают между подготовленными под сварку торцами, т.е. подогнанными и очищенными от загрязнений. Сварку выполняют по схемам, представленным на рис.6.7, а, б. Сварка возможна и с использованием

отражающих зеркал, расположенных между нагреваемыми торцами (рис.6.7, в). После нагрева торцов, подлежащих соединению, нагретые выше температуры текучести торцы осаживают под давлением $P_{ос}$. При осадке из зоны контакта вытекает расплав, образуя на поверхности наплыв – грат. Сваренный стык выдерживают под давлением до тех пор, пока температура его не снизится ниже 40-50 °С.

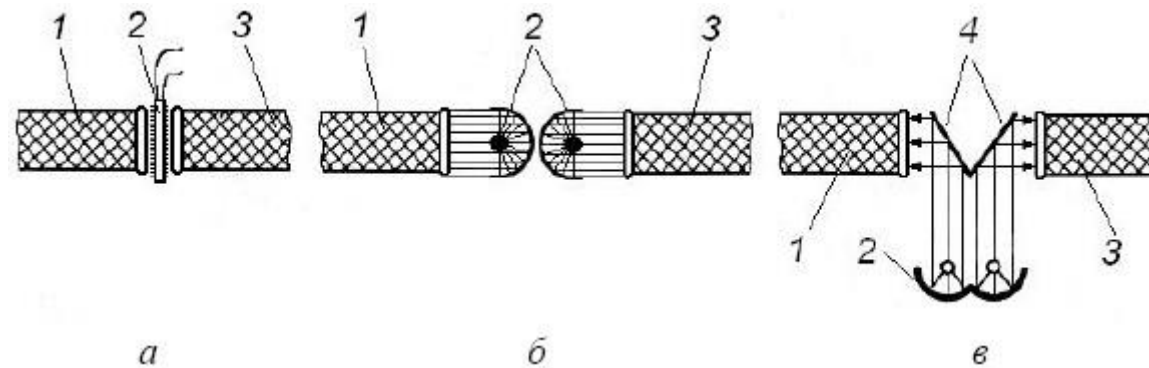


Рис.6.7. Схемы сварки световым излучением встык: 1,3 - свариваемые материалы; 2 – нагреватели; 4 - зеркальные отражатели

В качестве источника светового излучения используют главным образом галоидные кварцевые лампы с точечными, стержневыми или кольцевыми излучателями. В меньшей степени находят применение для этих целей зеркальные лампы накаливания, что связано с их малой механической прочностью и сравнительно невысокой удельной мощностью.



Лазерная сварка пластмасс

Сварка лазерным излучением, в отличие от сварки световым и ИК-излучением, позволяет получать очень высокие степени концентрации энергии в зоне сварки. При этом сварка пластмасс может выполняться как в непрерывном, так и в импульсном режимах излучения. Более широкое применение находит непрерывный режим сварки.

Энергия фотонов может поглощаться веществом, что приводит к повышению температуры в облучаемой точке. На этом свойстве и основано применение лазеров для сварки и резки материалов (рис.6.8). Возможность сфокусировать луч лазера в узкий пучок специальными оптическими устройствами позволяет получить очень большую плотность энергии, достаточную, чтобы нагреть поверхность термопласта до температуры плавления практически мгновенно.

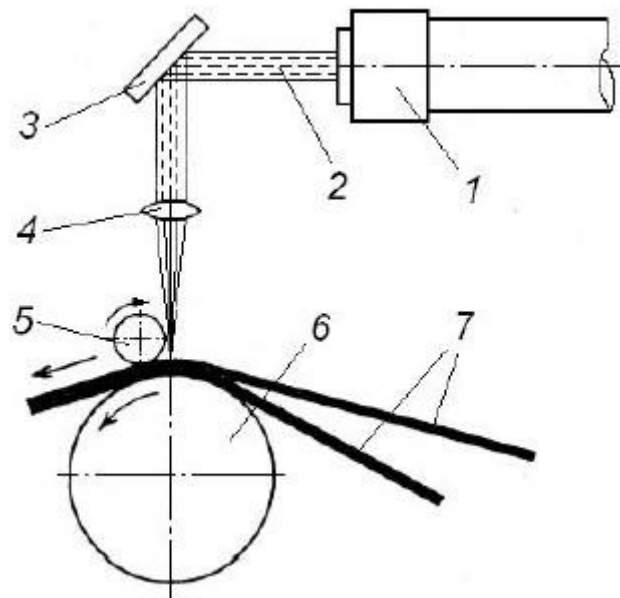


Рис.6.8. Схема сварки пленки лучом лазера: 1 – лазер; 2 – луч; 3 – отклоняющее зеркало; 4 – фокусирующая линза; 5 – прикатывающий ролик; 6 – транспортирующий ролик; 7 – свариваемые пленки

Выделение большого количества энергии на малой поверхности указывает на целесообразность применения лазеров для сварки тонких пленок на больших скоростях сварки. Например, пленки из полиэтилена низкой плотности толщиной 50-150 мкм сваривают CO₂-лазером со скоростью 3,3-4 м/с. Однако КПД процесса невысокий, так как пленка поглощает только 20-25% энергии лазера.

При сварке лазерным излучением используются газовые CO₂-лазеры с длиной волны 10,6 мкм, рассчитанные на непрерывный режим работы и имеющие мощность 25 - 80 Вт, а также лазеры с импульсным режимом работы и средней мощностью 2 кВт.

В последние годы CO₂-лазер стали применять для резки термопластов и раскроя синтетических тканей, трикотажа, искусственных кож и т.п. При этом средняя скорость раскроя составляет 1 м/с и зависит от количества слоёв материала, его свойств и мощности луча.

Преимущества лазерной сварки и резки термопластов – высокая производительность и автоматизация процесса. Однако имеются и недостатки, сдерживающие практическое применение этого способа: высокая стоимость и сложность оборудования.

