

ДӘНЕКЕРЛЕУ ЖҰМЫСТАРЫНАН КЕЙІН МЕТАЛЛ БЕРІКТІК ҚАСИЕТТЕРІНІҢ ӨЗГЕРУІ

Шаяхметов А.Б. – техника ғылымдарының кандидаты, машина жасау кафедрасының доцент м.а., А.Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті, Қостанай қ.

Шауэрман М.А. – магистрант, А.Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті, Қостанай қ.

Пісірме қосылысының механикалық басты қасиеттері – беріктілігі мен иілгіштігі. Бұл қасиеттер – металлдың қалыптасу кезінде ақаусыз пайда болу ықтималдылығы басты факторы болып табылады. Құрылымның жұмыс істеу сенімділігінің дәрежесі – қаттылығы мен қолдану қасиеттері басты болса да, қосылыстардың дәнекерлеу кезінде пайда болатын қасиеттердің маңыздылығы кем емес. Әдетте металлға балқыту, мен жоғары температуралардың әсерін зерттеу үшін – арнайы қондырғылар пайдаланылады. Қондырғы құрамына дәнекерлеу кезінде пайда болатын температураны сипаттайтын құрал мен қыздыру кезінде металлдың механикалық қасиеттерінің өзгеруін тіркейтін аспаптан тұрады.

Физика мен техникада иілгіштік – металдың деформациялау кезінде бұзылмай, кейін қалпына келу қасиеті. Иілгіштік - штампылау, тартып алу, иілгіш сүйрету технологиялық операцияларында металлдың басты әсер ететін қасиеті болып табылады. Қатты денелердің беріктігі дегеніміз – қатты денелердің бұзуға, сындыруға (бөлінуге), сыртқы әсерлерден кейін қалпына келмеу қарсылығы болып табылады. Былайша айтқанда – сырқы әсерлерге металлдың қарсылығы. Пісірме жіктің барылық аймағы бойымен, бір түрлі уақыт аралығында, термиклық әсер еткізеді. Пісірме жіктің әр бөлігі белгілі бір жоғары температураға дейін көтеріп, кейін салқындатады.

Кілтті сөздер: баян, сварка, металл, жік.

ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛА ПОСЛЕ СВАРОЧНЫХ РАБОТ

Шаяхметов А.Б. – кандидат технических наук, и.о.доцента кафедры машиностроения, Костанайский государственный университет имени А.Байтурсынова, г. Костанай.

Шауэрман М.А. - магистрант, Костанайский государственный университет имени А.Байтурсынова, г. Костанай.

Механические характеристики сварного соединения — прочность и пластичность — в период его формирования определяют вероятность получения бездефектного соединения в такой же степени, как прочностные и эксплуатационные характеристики — степень надежности работы конструкции.

Обычно механические характеристики металла в области высоких температур, достигающих температуры плавления, определяют на специальных установках, включающих в себя нагревательное устройство, имитирующее температурный цикл сварки, и механическую часть и оснащенных регистрирующими приборами. Подлежащий испытанию образец нагревают до температуры, при которой необходимо определить его свойства.

В физике и технике пластичность — способность материала получать остаточные деформации без разрушения и сохранять их после снятия нагрузки. Свойство пластичности имеет решающее значение для таких технологических операций, как штамповка, вытяжка, волочение, гибка и др. Прочность твёрдых тел, в широком смысле — свойство твёрдых тел сопротивляться разрушению (разделению на части), а также необратимому изменению формы (пластической деформации) под действием внешних нагрузок. В узком смысле — сопротивление разрушению. Все зоны сварочного шва подвергаются термическому воздействию с определенными циклами по времени. Каждый участок сварочного шва вначале нагревается до определенной температуры, а затем охлаждается.

Ключевые слова: прочность, сварка, металл, шов.

CHANGES IN STRENGTH PROPERTIES OF METAL DURING WELDING

Shayakhmetov A.B. - Ph.D., acting associate professor of mechanical engineering, Kostanai State University by A.Baitursynov, Kostanai.

Shauerman M.A. - master student, Kostanai State University by A.Baitursynov, Kostanai.

The mechanical characteristics of the welded joint - strength and ductility - during its formation determine the probability of obtaining a defect-free connection to the same extent as the strength and performance characteristics - the degree of reliability of the design.

Typically, the mechanical characteristics of the metal at high temperature reaching the melting point is determined on special devices, which include a heating device simulating thermal cycle of welding, the mechanical part and equipped registering devices. The sample to be tested is heated to a temperature at which it is necessary to determine its properties.

In physics and engineering plasticity - the ability of a material to obtain permanent deformations without breaking and save them after unloading. plastic properties is crucial for such manufacturing operations as punching, extractor hood, drawing, bending, etc. The strength of solids, in a broad sense - . properties of solids to resist fracture (separation into pieces), as well as the permanent change of shape (plastic deformation) under environmental stress. In the narrow sense - fracture resistance. All weld zones are thermally exposed to certain cycles of time. Each weld portion is first heated to a certain temperature, and then cooled.

Key words: strength, welding, metal, weld.

Зона термического влияния является обязательным спутником сварного шва при всех способах сварки плавлением и давлением, кроме холодной сварки. Эта зона охватывает основной металл, не расплавляющийся в процессе сварки и сохраняющий неизменным свой химический состав, но изменивший свою структуру и механические свойства вследствие нагрева и охлаждения (термообработки) в процессе сварки.

Прочность сварного соединения и его эксплуатационные свойства во многом зависят от структурных изменений, которые происходят в ЗТВ. Строение и размеры ЗТВ зависят от химического состава и теплофизических свойств свариваемого металла, мощности источника теплоты, степени его концентрированности, скорости движения и других факторов. Ширина ЗТВ меняется от 1...3 мм при ручной дуговой сварке до 20 мм и более при электрошлаковой сварке.

Термический цикл любой точки металла сварного соединения характеризуется максимальной температурой нагрева, длительностью нагрева до определенной температуры и скоростью охлаждения. Для ЗТВ характерно неравномерное распределение максимальных температур нагрева (рис. 1).

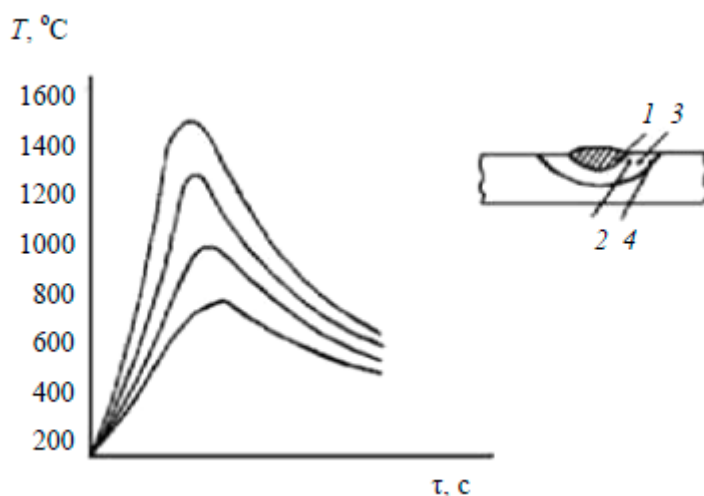


Рисунок. 1. Термический цикл при сварке плавлением: 1, 2, 3, 4 – точки, в которых измерялась температура

Результат теплового воздействия на металл в ЗТВ зависит от его отношения к термообработке. В зависимости от способа и погонной энергии сварки возможны два предельных случая:

1) закалка – при быстром охлаждении – с образованием твердых и хрупких структур и возникающих при этом значительных по величине напряжений;

2) перегрев – при медленном охлаждении, – характеризующийся чрезмерным ростом зерна и снижением пластических и вязких свойств металла.

Оценить общий характер возможных превращений, протекающих в ЗТВ при сварке низкоуглеродистых сталей, можно по диаграмме железо–цементит, а при различных скоростях охлаждения – по термокинетическим диаграммам распада аустенита, которые построены для большинства марок углеродистых и легированных сталей. Скорость охлаждения обычно оценивается в интервале температур наименьшей устойчивости аустенита (500...550 °С). При малых скоростях

охлаждения, соответствующих электрошлаковой и ванной сварке, превращение аустенита приводит к формированию структуры, состоящей из феррита и перлита. При средних скоростях охлаждения (автоматическая сварка под флюсом) в зависимости от марки стали образуются перлит и бейнит или бейнит и мартенсит с небольшим количеством феррита. При скорости охлаждения выше критической образуется только мартенсит. Мартенситное превращение сопровождается увеличением объема стали и возникновением больших напряжений, которые могут вызвать разрушение металла. В подобных случаях приходится принимать специальные меры к улучшению структуры металла ЗТВ и предотвращению образования мартенсита. Эти меры сводятся к изменению теплового режима в процессе сварки, выбору рациональной формы разделки кромок под сварку и последующей термообработке [1].

На рис. 2 показана схема структур, образующихся в зоне термического влияния при сварке стыкового соединения из малоуглеродистой стали за один проход.

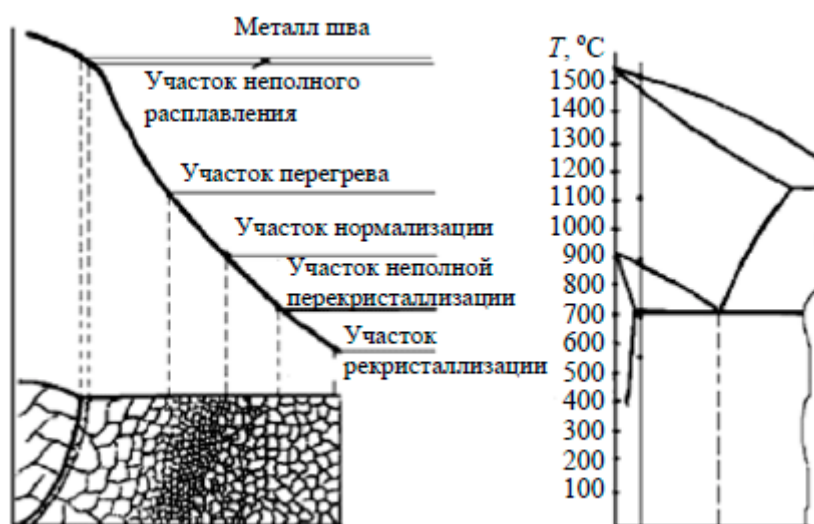


Рисунок. 2. Строение ЗТВ при сварке низкоуглеродистой стали.

Над сечением шва показана кривая температур, а рядом – часть диаграммы железо–цементит в том же масштабе. В зависимости от температуры нагрева в ЗТВ различают следующие участки:

1. перегрева;
2. нормализации;
3. неполной перекристаллизации;
4. рекристаллизации.

Участок перегрева. Он включает металл, нагретый до температур выше 1100 °С, т. е. несколько ниже температуры плавления. Металл на этом участке в процессе нагрева претерпевает аллотропические превращения (α - железа в γ - железо), сопровождающиеся ростом аустенитного зерна. В тех случаях, когда перегрев сочетается с последующим быстрым охлаждением (закалка), металл на этом участке после сварки обладает пониженной пластичностью и прочностью по сравнению с основным металлом. Участок особенно опасен для закаливаемых сталей, поэтому выбор рациональной технологии сварки сводится в первую очередь к обеспечению наименьшего ухудшения свойств на этом участке ЗТВ.

Участок нормализации (перекристаллизации). Этот участок охватывает металл, нагретый до температуры, немного превышающей температуру аллотропических превращений (900...1050 °С). Происходящий здесь процесс перекристаллизации при нагреве и охлаждении приводит к значительному измельчению зерен металла. Структура металла становится более мелкозернистой по сравнению с исходной. Механические свойства металла этого участка обычно лучше, чем основного металла [2].

Участок неполной перекристаллизации. Он включает металл, нагретый до температур 700...850 °С. При этих температурах происходит частичная перекристаллизация, т. е. часть феррита остается в исходном состоянии, другая – образует аустенит. При последующем охлаждении и распаде аустенита образуется мелкозернистая структура, поэтому здесь, наряду с зернами основного металла, не изменившимися в процессе сварки, присутствуют зерна, образовавшиеся при перекристаллизации.

Участок рекристаллизации (старения). Он наблюдается при сварке сталей, предварительно подвергшихся пластической деформации (ковке, прокатке). Температурный интервал участка 450...650 °С. На этом участке ЗТВ происходят сращивание (укрупнение) раздробленных при нагартовке зерен основного металла и некоторое его разупрочнение по сравнению с исходным состоянием. При сварке изделий из литья рекристаллизации не наблюдается. Для металлов и

сплавов, склонных к старению, необходимо учитывать некоторое снижение пластичности на этом участке.

Об изменении прочностных и в определенной степени пластических свойств в различных участках металла шва и ЗТВ можно судить по изменению твердости (рис. 3). Повышение твердости обычно связано с повышением прочности и снижением пластичности. Характер распределения твердости в ЗТВ может быть различным, он определяется химическим составом стали и режимом сварки. Обычно в сварных изделиях не допускается твердость в зоне сварки более $HV = 300$ МПа.

Таким образом, зона термического влияния неоднородна по структуре и механическим свойствам. Наиболее ослабленным является участок перегрева, а наилучшие механические свойства имеет участок нормализации. В целом механические свойства ЗТВ хуже, чем у основного металла, поэтому ее размеры необходимо ограничивать. Чувствительность стали к изменению термического цикла сварки зависит от содержания в ней углерода, а также элементов, повышающих ее прокаливаемость и склонность к перегреву. В сварных соединениях низкоуглеродистой и большинства низколегированных сталей рост зерна в околошовной зоне не оказывает заметного влияния на свойства металла [3].

При сварке углеродистых и особенно легированных сталей быстрое охлаждение околошовной зоны вызывает часто закалку металла и образование структур, имеющих значительную твердость и хрупкость. В этих случаях для улучшения структуры и свойств ЗТВ применяют термическую обработку, обычно высокий отпуск.

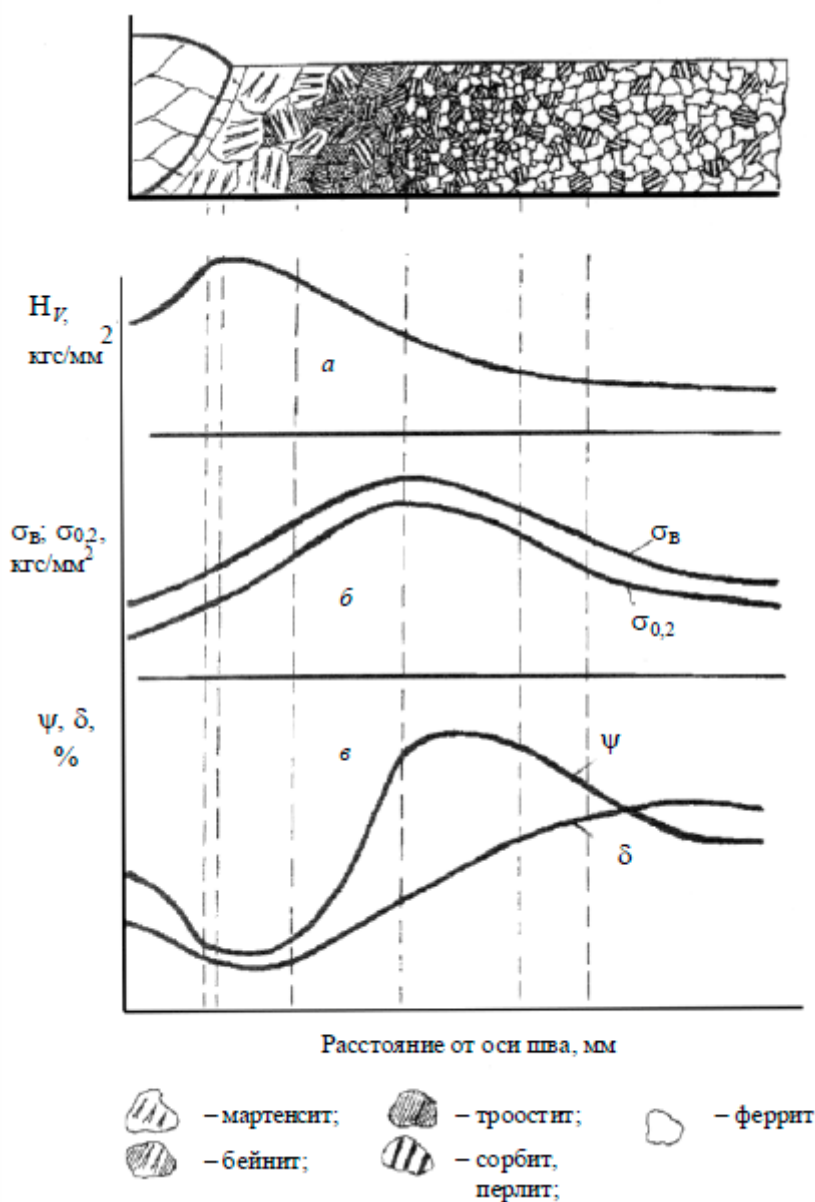


Рисунок 3. Изменение механических свойств в металле шва и околошовной зоне: а – твердость; б – прочность; в – пластичность

В последние годы в строительстве возрос объем сварочных работ с применением углеродистых и низколегированных сталей, поставляемых в термоупрочненном состоянии. По сравнению с горячекатаным термоупрочненным металлом (закаленным и отпущенным при определенной температуре) имеет более высокие механические свойства и более низкую температуру хладноломкости.

При сварке такой стали в зоне термического влияния может наблюдаться разупрочнение (рис. 4). Протяженность разупрочненной зоны («мягкой прослойки») и величина разупрочнения оказывают большое влияние на прочностные свойства сварного соединения. При правильном выборе сварочных материалов и режимов сварки прочность сварных соединений может быть практически равной прочности основного металла, если протяженность разупрочненного участка и величина разупрочнения малы [4].

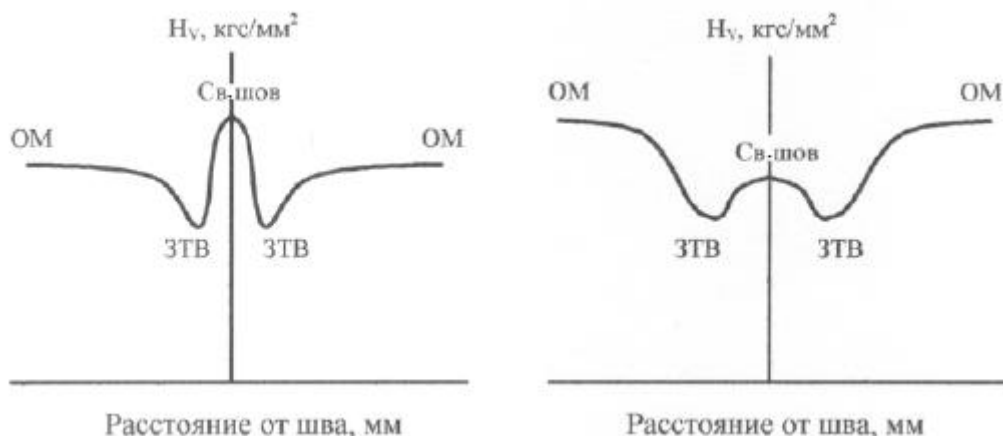


Рисунок 4. Схема возможных вариантов распределения твердости в сварном соединении: ОМ – основной металл; св. шов – сварной шов, ЗТВ – зона термического влияния

При сварке давлением (например, контактная сварка) сварной шов может иметь как литую структуру, так и пластически деформированную. Например, при контактной точечной сварке прохождение тока вызывает разогрев и расплавление металла в зоне сварки, создающее ядро сварной точки. Точечная сварка низкоуглеродистой стали без расплавления металла хотя и возможна, но недостаточно надежна и поэтому на практике почти не применяется.

Диаметр ядра, определяющий в основном прочность сварной точки, зависит от диаметра рабочей поверхности электрода, толщины листов, давления, силы тока и времени его прохождения. При неправильно подобранном режиме сварки может не произойти достаточного расплавления металла, и получается непроваренная точка. Когда ядро расплавляется, прилегающая к нему по окружности зона металла находится в пластическом состоянии и плотно сжимается давлением электродов. Давление создает уплотняющее кольцо пластического металла, удерживающего жидкий металл ядра. При недостаточном давлении уплотняющее кольцо не может удержать жидкий металл ядра, и происходит внутренний выброс (выплеск) металла в зазор между листами.

Кристаллизация жидкого металла происходит так же, как и при электродуговой сварке, т. е. от поверхности ядра к его середине. Ядро имеет столбчатую дендритную структуру. При охлаждении и затвердевании происходит уменьшение объема расплавленного металла ядра. В результате в центральной части ядра могут образовываться усадочная раковина, пористость и рыхлость металла. Чем толще металл, тем сильнее неблагоприятное влияние усадки. Наиболее надежным способом борьбы с этим явлением может служить повышение рабочего давления.

При сварке давлением также имеется ЗТВ, однако ее общие размеры относительно малы и не оказывают решающего влияния на прочность сварного соединения [5].

Литература:

1. Александров, А. В. Основы теории упругости и пластичности: учебник для вузов. - М. : Высшая школа, 1990. - 399 с. - ISBN 5-06-000053-2.
2. Гуль В. Е., Структура и прочность полимеров, 2 изд., М., 1971.
3. Зубчанинов, В. Г. Основы теории упругости и пластичности: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / В. Г. Зубчанинов. - М.: Высшая школа, 1990. - 368 с.: ил. - ISBN 5-06-000706-5.
4. Инденбом В. Л., Орлов А. Н., Проблема разрушения в физике прочности, "Проблемы прочности", 1990, № 12, с. 3;
5. Г.В.Курдюмов. Физические основы прочности и пластичности твердых тел. – М.: - 1975.

References:

1. Alexandrov, AV Fundamentals of the theory of elasticity and plasticity: a textbook for high schools. - M.: Higher School, 1990. - 399 p. - ISBN 5-06-000053-2.
2. VE Gul, structure and strength of polymers, 2nd ed., M., 1971.
3. Zubchaninov, VG Fundamentals of the theory of elasticity and plasticity: the textbook for students of engineering professions universities / VG Zubchaninov. - M.: Higher School, 1990. - 368 p. : ill. - ISBN 5-06-000706-5.
4. Indenbom VL, Orlov AN, fracture problem in physics of strength, "Problems of Strength", 1990, № 12, p. 3;
5. G.V.Kurdyumov. Physical basis of the strength and plasticity of solids. - M.: - 1975.

Сведения об авторах

Шаяхметов А.Б. – техника ғылымдарының кандидаты, машина жасау кафедрасының доцент м.а., А.Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті, Қостанай қ., e-mail: shayahmetov0501@mail.ru.

Шауэрман М.А. – магистрант, А.Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті, Қостанай қ., e-mail: shauerman.ma@sap.amh.kz

Шаяхметов А.Б. – кандидат технических наук, и.о. доцента кафедры машиностроения, Костанайский государственный университет имени А. Байтурсынова, г. Костанай, e-mail: shayahmetov0501@mail.ru.

Шауэрман М.А. - магистрант, Костанайский государственный университет имени А.Байтурсынова, г. Костанай, e-mail: shauerman.ma@sap.amh.kz

Shayakhmetov A.B. - Ph.D., acting associate professor of mechanical engineering, Kostanai State University by A.Baitursynov, Kostanai, shayahmetov0501@mail.ru.

Shauerman M.A. - master student, Kostanai State University by A.Baitursynov, Kostanai, e-mail: shauerman.ma@sap.amh.kz