

УДК 69.67

DOI: 10.34824/VKNIRAN.2023.12.1.008

ОБРАБОТКА, ПРОИЗВОДСТВО И ПЕРЕРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

© Баснукаев Иса Шамсудинович (а), Ахматова Марет Идрисовна (b)

(а) Грозненский государственный нефтяной технический университет им. академика М.Д. Миллионщикова, Российская Федерация, г. Грозный; кафедра «Технология строительного производства», доц., к.э.н., ibasnukaev@mail.ru

(b) Грозненский государственный нефтяной технический университет им. академика М.Д. Миллионщикова, Российская Федерация, г. Грозный; кафедра «Технология строительного производства», ст. преподаватель, maret.gishlakaeva@mail.ru

Аннотация. Строительство – это отрасль материального производства, направленная на выпуск готовой строительной продукции из различных материалов. К данной категории относятся как традиционные материалы (древесина, камень и кирпич), так и инновационные строительные материалы. В рамках данной статьи рассматриваются типовые методы обработки, производства и переработки строительных материалов.

Ключевые слова: материалы, строительные материалы, обработка материалов, производство материалов, строительство.

PROCESSING, PRODUCTION AND PROCESSING OF MATERIALS

© Basnukaev Isa Shamsudinovich (a), Akhmatova Maret Idrisovna (b)

(a) Grozny State Oil Technical University by Acad. M.D. Millionshikov, Russian Federation, Grozny; department «Technology of construction production», docent, PhD in economics, ibasnukaev@mail.ru

(b) Grozny State Oil Technical University by Acad. M.D. Millionshikov, Russian Federation, Grozny; department «Technology of construction production», senior lecturer, maret.gishlakaeva@mail.ru

Abstract. Construction is a branch of material production aimed at the production of finished construction products from various materials. This category includes both traditional materials (wood, stone and brick) and innovative building materials. Within the framework of this article, typical methods of processing, production and processing of building materials are considered.

Key words: materials, construction materials, processing of materials, production of materials, construction.

В настоящее время в строительной сфере применяется множество материалов, которые можно разделить на три основные группы: металлические, неметаллические и композиционные.

К металлическим материалам относятся стали и сплавы на основе железа, алюминия, магния, титана и меди, тугоплавкие металлы и их сплавы, подшипниковые сплавы на основе легкоплавких металлов, стали и сплавы с особыми физическими свойствами, твёрдые сплавы и порошковые материалы.

К неметаллическим материалам относятся углеродные материалы, пластические массы, материалы из неорганического стекла, керамики и резины. Композиционные материалы представлены металлическими и керамическими композиционными материалами, материалами с полимерной матрицей, гибридными и углеродные композиционными материалами

Керамические и твердосплавные материалы применяются в тех случаях, когда необходимо обеспечить повышенную прочность конструкции, а её эксплуатация предполагается в тяжёлых условиях. К керамическим материалам относятся такие материалы, как карбид кремния, оксид алюминия, нитрид кремния, диоксид циркония, титановольфрамовые твердые сплавы.

Композиционные материалы характеризуются присутствием усиливающих элементов в виде особо прочных волокон или нитей. Изменяя соотношение и качество компонентов можно получать композиционные материалы, имеющие заданные значения упругости, прочности абразивной стойкости и жаропрочности, а также обладающие определёнными магнитными, диэлектрическими и другими характеристиками.

Композиционные материалы подразделяются на две группы: состоящие из металлической матрицы и имеющие в основе высокопрочные волокна или тонкодисперсные тугоплавкие частицы. Композиционные материалы с неметаллической матрицей содержат углеродные, полимерные и керамические материалы. Среди композиционных материалов выделяют стекловолокниты (состоят из синтетической смолы), карбоволокниты (состоят из полимерной матрицы и углеродных волокон), органоволокниты (состоят из полимерного связующего и синтетических волокон) [5].

Рассмотрим основные способы изготовления различных материалов.

Плазменная резка металла является эффективной технологией, основанной на расплавлении металла до жидкого состояния с последующей обработкой при помощи потока плазмообразующего газа. Металл расплавляется под одновременным воздействием потока плазменного газа и электрической дуги, которая горит между плазмотроном и деталью. При помощи плазменной резки можно обрабатывать прокат цветных и чёрных металлов с толщиной до 100 мм, эта технология активно применяется при обработке нержавеющей стали и разного рода сплавов на основе титана, меди и алюминия.

Оборудование для плазменной резки металлов должно соответствовать следующим требованиям: высокая точность, длительный ресурс работы электродов, повышенная скорость резки, высокая точность при вырезке углов и отверстий с малым диаметром. Особенностью технологии плазменной резки является низкая себестоимость выпускаемых изделий за счёт отсутствия последующей механической обработки.

Лазерная резка позволяет с большой точностью обрабатывать тонколистовой металл, в том числе производить изделия из тонкостенных труб. Эта технология основана на

сильном нагревании и последующем испарении металла под воздействием лазерного луча. Основным преимуществом лазерной резки является лёгкость распространения лазерного луча, при помощи которого можно производить обработку в любом пространственном расположении заготовки.

По сравнению с традиционной механической штамповкой и высечкой лазерная резка имеет неоспоримые преимущества:

- лазерная резка производится бесконтактным методом без приложения усилий;
- благодаря минимальному нагреву не происходит деформация металла;
- не требуется дальнейшей обработки детали.

Лазерная резка имеет большую точность по сравнению с плазменной резкой металла и позволяет добиваться высокого качества обработки при работе с тонкими металлами. Недостаток этой технологии заключается в низком КПД лазерной установки и невозможность обрабатывать металл толщиной свыше 20 мм, а также алюминиевые сплавы с высокими отражающими свойствами.

Гидроабразивная резка – относительно новая, перспективная технология резки металла. Вместо реза используется подаваемая под высоким давлением высокоскоростная струя воды, смешанная с абразивным материалом. Эта технология отличается экологичностью и имеет следующие преимущества:

- при резке используется холодная вода, благодаря чему исключается деформация изделия из-за нагревания;
- возможна обработка большого перечня материалов, имеющих разную толщину;
- минимальные потери материала в процессе резки;
- место реза не требует дополнительной обработки;
- использование воды и абразива не требует создания условий по охране окружающей среды.

При помощи гидроабразивной резки можно обрабатывать сталь, медь, алюминий и другие цветные и чёрные металлы, керамику, мрамор, обычное и термостойкое стекло, графит, пластик и композиционные материалы.

В настоящее время эта технология является наиболее гибкой и энергосберегающей среди методов обработки металлических и неметаллических материалов для последующего их использования в строительной сфере. Основным ограничением использования технологии гидроабразивной резки можно назвать необходимость поддержания постоянной струи воды и обеспечение определённой температуры в помещении, где производятся работы.

Продолжают совершенствоваться технологии обработки металла методом давления, которые эффективнее традиционной резки металла на металлорежущих станках. Процесс обработки металлов давлением (ОМД) позволяет уменьшить количество расходов и добиться энергоемкости процесса за счёт совмещения операций нагрева металла и термической обработки производимых изделий.

Существует множество методов применения ОМД для изготовления самых различных материалов.

Точная штамповка используется при изготовлении изделий из алюминия, титана и других лёгких металлов. Высокое качество достигается за счёт точности штампов, грамотного контроля температуры и давления во время выполнения штамповки. При этом коэффициент полезного использования металла при благоприятных условиях может достигать 98%. Недостатком этой технологии являются высокие требования к точности изготовления штампов, наличие современного оборудования и поддержание стабильной температуры в процессе штамповки.

Гидроформовка широко применяется при изготовлении гидроарматуры, фитингов и пустотелых изделий с изогнутой формой. Популярность технологии гидроформовки объясняется тем, что в рамках одного процесса можно совместить такие операции, как сгибание, пробивка, осадка, калибровка полостей. Недостатком гидроформовки является наличие сложной конструкции и массивных штампов, что затрудняет применение этой технологии на обычных гидропрессах, которые приходится заменять на современное дорогостоящее оборудование.

Ротационная штамповка применяется для обработки только части изделия. Процесс подразумевает непрерывный режим работы и небольшую площадь контакта с изделием. Для штамповки используются два штампа, расположенные под углом друг к другу, при этом от величины угла зависит площадь контакта и величина прилагаемого усилия. В результате усилия, прилагаемые для деформации, на порядок меньше по сравнению с традиционной штамповкой, что позволяет повысить эффективность процесса и производить точную обработку сложных деталей.

Изотермическая штамповка – это процесс деформации металлических изделий, при котором температура в штампах равна температуре обрабатываемой детали. Эта технология применяется для обработки изделий из материалов, обладающих сверхпластичностью: титана, сплавов на основе цинка, алюминия и никеля. При проведении этого метода обработки практически не используется охлаждение, что позволяет упростить структуру штампа, осуществлять штамповку с малой скоростью деформации и использовать нескоростное оборудование с небольшой мощностью.

Радиальная ковка применяется для обработки осесимметричных деталей, кованных труб, различного типа валов. Для реализации этой технологии используются машины радиальнойковки, на которых можно осуществлять деформацию металлических изделий в холодном или горячем состоянии. Применение данной технологии позволяет сэкономить до 50% металла по сравнению с традиционной технологией сверления, а также уменьшить трудоёмкость процесса и повысить механические свойства изделия.

В настоящее время для штамповки фланцев и дисков применяется инновационная технология штамповки с обкатыванием, в которой объединены технологические процессы штамповки и прокатки. Эта технология позволяет значительно уменьшить силу деформирования и соответственно, применять недорогое оборудование меньшей мощности. При использовании процесса штамповки обкатыванием появляется возможность локального воздействия на изделие при холодном и горячем деформировании металла.

Штамповка взрывом позволяет изготавливать листовые детали и трубы, сваривать металлы, обрабатывать металлокерамику, а также получать неразъёмные соединения. Технология заключается в размещении заряда на поверхности изделия либо на некотором расстоянии от него, в этом случае взрывная волна передаётся при помощи жидкости или газа.

Штамповка взрывом обеспечивает получение высококачественных деталей с повышенной пластичностью и прочностью. Существенными недостатками этого метода можно назвать опасность работы со взрывчатыми веществами, сложность при управлении процессом обработки и неэффективность при массовом производстве. В следствии этих причин штамповку взрывом используют в основном для производства опытных образцов или при невозможности применения традиционной штамповки [4].

Электровысадка – процесс обработки металлических изделий, совмещающий электрический нагрев поверхности и деформацию. При помощи этой технологии удаётся обрабатывать сплавы на основе никеля и титана, а также жаропрочные и легированные сплавы, которые относятся к высокопрочным материалам. Электровысадка не требует применения сложного оборудования и может производиться в полностью автоматизированном режиме.

Одним из эффективных методов обработки металла является изостатическое прессование, при котором изделия изготавливаются из металлических порошков посредством сжатого газа или жидкости в аппаратах высокого давления. Технология позволяет значительно повысить производительность труда, снизить на 10% производственные потери и производить воздействие на неограниченной площади. Методом изостатического прессования получают высокоплотные детали больших размеров, которые не нужно подвергать дополнительной механической обработке.

Тиксоштамповка – технология обработки, основанная на снижении сопротивления металлов до переходного состояния между жидким и твердым состоянием, что позволяет заполнять сложные формы в процессе штамповки. Используется для высокоточного изготовления деталей из сталей и лёгких сплавов, а также из композиционных материалов на металлической основе. Преимуществами этой технологии являются высокая точность деталей, пониженный расход материалов и отсутствие необходимости в последующей механической обработке.

Ещё одним направлением в обработке материалов являются литейные технологии, которые подразделяются на методы литья в песчано-глинистые формы и специальные методы литья. Литье в песчано-глинистые формы на протяжении длительного времени остаётся самым популярным методом, который используется для производства 75% изделий, произведённых на литейных предприятиях. При литье по данной технологии используются одноразовые формы из кварцевого песка, глины и специальных добавок, выполняющих связующую функцию. Специальные методы литья в основном применяются для изготовления лёгких отливок, преимущественно из цветных сплавов. Ниже мы рассмотрим наиболее популярные специальные методы литья.

Технология вакуумно-пленочной формовки основана на использовании в качестве формовочного материала чистого песка без примесей. При этом формы отливок формируются при помощи вакуума и плёнок, накладываемых на изделия. После выбивки отливок из формы песок охлаждается и используется повторно. Преимуществами этой технологии по сравнению с традиционным литьём являются высокая точность изготовления, сокращение расходов формовочных песков, снижение стоимости на 15-20%, автоматизация процесса литья.

Литьё в кокиль подразумевает отливание изделий в специальной литейной форме, получившей название кокиль (от фр. *coquille* – раковина, скорлупа). Эта технология исполь-

зуется преимущественно для производства изделий из стали, чугуна, медных и алюминиевых сплавов. Получаемые детали отличаются повышенной герметичностью и износостойкостью, при этом возможно изготовление как простых деталей, так и сложных изделий, применяемых в различных машинах и агрегатах. К преимуществам технологии литья в кокиль относится снижение расходов формовочных материалов, низкий процент брака, высокое качество изделий за счёт плотности отливок, автоматизация процесса, высокая производительность и достаточная низкая себестоимость отливок.

В литейном производстве одной из основных технологий является литьё под давлением, при помощи которой можно изготавливать изделия различной формы и размера. Технология основана на подаче расплавленного металла в специальную форму под избыточным давлением. Этим методом изготавливают детали из стали, чугуна, сплавов алюминия, меди и магния, также технология нашла массовое применение для изготовления изделий из пластмасс. Преимущества метода литья под давлением: получение изделий, требующих минимальной механической обработки, низкая шероховатость необработанных поверхностей, высокая производительность и невысокая трудоёмкость процесса.

Центробежное литьё применяется для изготовления из стали, алюминия, чугуна и бронзы деталей, имеющих форму тел вращения. Суть метода заключается в помещении расплавленного металла в форму, вращающуюся со скоростью около 3000 об/мин. Отливка формируется из металла, распределяющегося по форме под воздействием центробежной силы. Особенностью технологии является возможность создавать детали с внутренними полостями без применения стержней и экономия сплава по причине отсутствия системы каналов и полостей внутри формы. Также к преимуществам относится высокая плотность отливок и их повышенные механические свойства. Недостатками можно назвать необходимость применения специализированного оборудования, особые требования к литейным формам и недостаточная точность размеров у готовых деталей [3].

Литьё по выплавляемым моделям является достаточно дорогой технологией, которая используется для изготовления художественных изделий или в том случае, когда недопустима последующая механическая обработка. На первой стадии из воска или парафина создаётся модель изделия, которая последовательно покрывается слоями тугоплавкой суспензии, при этом каждый слой высушивается в течение получаса. Из получившейся формы создают легкоплавкую модель, в которую наливают расплавленный металл. После полной кристаллизации деталь достают, разбив керамическую оболочку.

Альтернативой механической обработки является технология получения металлических порошков или их композиций с неметаллическими порошками и последующее изготовление из них разнообразных изделий. Эта технология подходит для массового производства и позволяет получать высокоточные изделия, в том числе с такими характеристиками, которых невозможно добиться при использовании других методов.

Технология порошковой металлургии состоит из четырёх этапов: измельчение, смешивание порошков, формование и спекание. При производстве порошков используют различные способы:

- механическое измельчение производится при помощи молотковых конусных и валковых дробилок, для окончательного размолва используют шаровые, вихревые, вибрационные и планетарные мельницы;

- распыление и грануляция жидких металлов, которое производится при температуре до 1600 °С;
- измельчение взрывом;
- центробежно-гидравлическое распыление, которое производится в воздухе, вакууме или инертной газовой среде.

На стадии смешивания из металлических и неметаллических порошков различного химического состава приготавливают однородную смесь. Существуют производители порошков, которые поставляют промышленным предприятиям готовые смеси.

Основной стадией является формирование изделий методом холодного прессования под большим давлением. Готовый порошок засыпают в заранее произведённую по макету будущего изделия стальную пресс-форму. При прессовании под высоким давлением частицы порошка сцепляются друг с другом и образуют плотную структуру, заполняющую пресс-форму.

Спекание изделий проводится в вакууме или в атмосфере нейтральных газов, что препятствует процессу окисления металла. При спекании изделий из однородных металлических порошков в камере поддерживают температуру ниже температуры плавления металла. При использовании комбинированных порошков при помощи регулирования температуры получают монолитное или пористое спечённое изделие.

Преимуществами порошковой металлургии является высокая прочность изделий, повышенная термостойкость и устойчивость к деформациям при перепадах температуры. К недостаткам этой технологии можно отнести такие факторы, как высокая стоимость порошков, невозможность изготовления деталей большого размера, достаточно сложный процесс, включающий в себя стадию спекания в защитной атмосфере.

Несмотря на указанные недостатки, порошковая металлургия активно используется в различных сферах, в том числе для производства изделий, применяемых в строительстве. Отсутствие дополнительной механической обработки и высокая прочность изготавливаемых изделий делает порошковую технологию одним из самых перспективных направлений в производстве изделий из металлических и неметаллических материалов. В последние десятилетия при помощи порошковой технологии налажен выпуск изделий из металлокерамики – искусственного материала, получаемого соединением металлов или сплавов с керамикой.

Технологии производства неразъёмных соединений подразделяются на четыре процесса: клёпка, сварка, пайка и склеивание. Самым популярным методом получения неразъёмных соединений является клёпка, которая обеспечивает абсолютную надёжность и гарантирует прочность детали при максимально допустимых нагрузках. Это трудоёмкий процесс, развитие которого в настоящее время происходит по двум направлениям: разработка оборудования, обеспечивающего клёпку в полностью автоматическом режиме и применение материалов, имеющих небольшое сопротивление деформации и способных изменять свои свойства на этапе использования готового изделия.

В настоящее время самым перспективным методом получения неразъёмных соединений является технология сварки, которая имеет множество разновидностей.

Электродуговая сварка в среде защитных газов – достаточно простая технология, не требующая применения сложного и дорогостоящего оборудования и обеспечивающая высокую производительность. Благодаря полной автоматизации процесса электродуговая

сварка активно используется в поточных производственных линиях. Также к преимуществам этой технологии можно отнести высокое качество соединения, возможность сварки металлов толщиной до 20 мм, возможность соединения титановых и алюминиевых сплавов, осуществление визуального контроля за процессом образования сварочного шва. У технологии электродуговой сварки имеется только один существенный недостаток: в зоне проведения работ необходимо установить защиту от световой и тепловой радиации дуги.

Лазерная сварка – передовая технология получения неразъемных соединений, обеспечивающая за счёт высокой концентрации энергии малое пятно нагрева и небольшой объём расплавленного металла. При применении этой технологии наблюдается минимальная деформация поверхности, высокая герметичность сварного шва и сохранение механических свойств обрабатываемого изделия [1].

К другим преимуществам лазерной сварки относится возможность проводить работы в труднодоступных местах, высокая производительность и удобная настройка процесса с быстрым перемещением луча лазера по любой траектории.

Распространению технологии лазерной сварки препятствует малая доступность технологических лазеров, которые выпускаются ограниченными партиями и имеют высокую стоимость. Лазерная сварка применяется в массовом производстве при необходимости сохранять параметры изделия после процесса сварки. Также эта технология незаменима при соединении разнородных материалов.

Сварка электронным лучом – технология, основанная на облучении поверхности детали высокоскоростным потоком электронов. Процесс проводится в вакуумной камере с целью не допустить потери кинетической энергии при столкновении электронов с молекулами воздуха. Можно отметить следующие достоинства этой технологии:

- возможность сваривать металлы толщиной от микрометра до 200 мм;
- сварка вольфрама, тантала и других тугоплавких металлов;
- качественна сварка химически активных металлов и сплавов;
- незначительные термические изменения изделия во время сварки.

Недостатком электронно-лучевой сварки является необходимость приобретения дорогостоящего оборудования и длительность процесса, при котором необходимо обеспечивать вакуум для сварки каждого изделия.

Контактная сварка является универсальным и эффективным способом получения неразъемных соединений деталей, созданных из тонколистовых металлов. Технология основана на нагревании металла при помощи электрического тока и последующей деформации места сварки под механическим воздействием. Преимущества контактной сварки состоят в высокой производительности этого метода, применении автоматизации, низком расходе сопутствующих материалов, высоком качестве соединения. Необходимо отметить, что это один из наиболее экологичных методов сварки металлических изделий.

На сегодняшний день контактная сварка активно используется на сборочных линиях в виде роботизированных модулей. Увеличение производительности достигается созданием многоточечной сварки, когда за один цикл сваривается несколько точек. К недостаткам контактной сварки можно отнести ограниченность в применении этого метода, который не подходит для сварки цветных металлов и сплавов.

Сварка трением – технологический метод, в котором используется эффект превращения механической энергии в тепловую в процессе трения. Нагретые части деталей расплавляются, после чего их движение прекращается и производится механическое сжатие, приводящее к образованию надёжного соединения [2]. Сварка трением имеет целый ряд преимуществ:

- высокая скорость процесса: время сварки составляет от 1,5 до 50 сек.;
- возможность соединения разнородных металлов;
- полностью автоматизированный процесс;
- низкое потребление электроэнергии;
- возможность соединения пластмассовых деталей;
- высокое качество и стабильность результата.

Основным недостатком технологии является сложность при соединении криволинейных поверхностей.

Ультразвуковая сварка основана на одновременном действии ультразвуковых колебаний и давления сжатия, оказываемые на соединяемые детали. Под воздействием колебаний ультразвуковой частоты разрушается оксидный слой металла, при этом давление сварочного волновода-инструмента расплавляет поверхность в месте соединения без дополнительного нагревания. Технология ультразвуковой сварки находится в стадии совершенствования, но уже сейчас таким методом получают неразъемные соединения изделий, применяемых в различных сферах [6].

Плазменная и микроплазменная сварка – технология соединения деталей, основанная на нагреве материала при помощи плазменной струи, получаемой в плазмотроне при ионизации газа в промежутке между электродами. Этот метод сварки можно применять для соединения металлов, керамики, стекла и других материалов. В отличие от обычной дуги, плазменная дуга обеспечивает более глубокое проплавление металла, позволяет сплавлять металл большей толщины, проводить сварку в труднодоступных местах. Эта технология позволяет резко увеличить производительность при обеспечении высокого качества соединений и полного отсутствия брака. Распространению технологии плазменной варки препятствует высокая стоимость оборудования и недостаточное число специалистов, знакомых с этим методом сварки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов О.В. и др. Ультразвуковая обработка материалов. М.: Машиностроение, 1984. 280 с.
2. Алов А.А. Основы теории процессов сварки и пайки. М.: Машиностроение, 1984. 272 с.
3. Береснев А.И. Основы строительного производства: учебник. М.: Академия, 2019. 285 с.
4. Власов А.Ф. Безопасность при работе на металлорежущих станках. М.: Машиностроение, 1987. 121 с.
5. Корягин С.И. Несущая способность композиционных материалов. Калининград: Янтарный сказ, 1996. 301 с.
6. Корягин С.И., Пименов И.В., Худяков В.К. Способы обработки материалов: Учебное пособие / Калинингр. ун-т – Калининград, 2000. 448 с.

REFERENCES

1. Abramov O.V. and oth. Ultrasonic processing of materials. M.: Mechanical engineering, 1984, 280 p.
2. Alov A.A. Fundamentals of the theory of welding and soldering processes. M.: Mechanical engineering, 1984. 272 p.
3. Beresnev A.I. Fundamentals of construction production. M.: The Academy, 2019. 285 p.
4. Vlasov A.F. Safety when working on metal-cutting machines. M.: Mechanical engineering, 1987. 121 p.
5. Korjagin S.I. The bearing capacity of composite materials. Kaliningrad: Amber Tale, 1996. 301 p.
6. Korjagin S.I., Pimenov I.V., Hudjakov V.K. Methods of processing materials: Study guide / Kaliningrad University, Kaliningrad, 2000. 448 p.