

М.Л. ШАБДИНОВ, канд. пед. наук,
Г.М. ИЗМАИЛОВА, канд. техн. наук,
Д.М. ПОЛЯХ, Симферополь, Украина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗАГОТОВИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

У статті надаються проблемні питання механічної обробки виробів з титану і його сплавів, зокрема на заготівельних операціях по здобуттю великогабаритних заготовок. Розглядаються перспективні аспекти заміни технологій механічного різання на зварювальну. Як альтернативне пропонується газолазерне різання.

В статье представляются проблемные вопросы механической обработки изделий из титана и его сплавов, в частности на заготовительных операциях по получению крупногабаритных заготовок. Рассматриваются перспективные аспекты замены технологий механической резки на сварочную. В качестве альтернативной предлагается газолазерная резка.

In the article there are problem questions of tooling of wares from titan and his alloys, in particular on purveying operations on the receipt of large purveyances. The perspective aspects of replacement of technologies of the mechanical cutting are examined on welding. As an alternative the gas laser cutting is offered.

Введение и постановка задачи. Титановые сплавы находят все более широкое применение во многих отраслях машиностроительной индустрии. Особенно эффективно их используют в самолето-и судостроении, а также в космической промышленности, куда они пришли на смену алюминиевым сплавам. Связано это, в первую очередь с тем, что титан является таким же легким и коррозионостойким материалом как и алюминий. При этом, в сравнительном анализе он обладает более высокой удельной прочностью. Однако внедрение в производство технологий по получению заготовок из титановых сплавов сталкивается с рядом трудностей. Основные проблемы механической обработки возникают ввиду того что титан имеет высокий коэффициент трения и, как следствие, склонен к налипанию и задиранию [2]. Использование сварки, как основного метода соединения титановых изделий и получения соответствующих заготовок, также оказывается довольно затруднительным, так как титан обладает высокой химиче-

ской активностью, ввиду чего расплавленный металл шва взаимодействует с кислородом, азотом и водородом воздуха.

На сегодняшний день существует ряд технологий по механической обработке и сварке титана и его сплавов. Тем не менее, повышение их эффективности и внедрение новых технологий является одним из приоритетных направлений в развитии машиностроительной промышленности.

Цель данной статьи заключается в обосновании эффективности использования технологии газолазерной резки в получении крупногабаритных заготовок из титановых сплавов.

Представление основного материала. Как уже отмечалось выше, титан тяжело поддается механической обработке, т.к. из-за высокого коэффициента трения и низкой теплопроводности он склонен к налипанию и задиранию. Не менее примечательным является тот факт, что практически все металлы растворяются в титане, в результате чего образуется сплав титана и твердого материала режущего инструмента. Все это, естественно, ведет к быстрому износу последнего. Решение данных проблем успешно осуществляется посредством применения различного рода смазочно-охлаждающих жидкостей, включая жидкости на основе растительных масел [2]. Использование твердосплавного, карбидовольфрамового режущего инструмента повышает эффективность обработки. Важным является и правильный подбор режимов резания. Как правило, скорость резания и подача устанавливаются меньше, чем для нержавеющей сталей, обработка которых аналогична обработке титановых сплавов.

Однако указанные методы эффективны при механической обработке мелкогабаритных деталей из титановых сплавов. На заготовительных операциях, осуществляемых методом рубки или штамповки приходится сталкиваться с рядом как объективных, так и субъективных проблем. Рубку листового титана проводят на гильотинных ножницах с использованием ножей из инструментальной штамповой или конструкционной подшипниковой сталей. Склонность титана к налипанию и задиранию приводит к появлению наростов на рабочих поверхностях ножей и штампов, что способствует гораздо более быстрому выкрашиванию и, как следствие их изнашиванию, чем при обработке углеродистых сталей. Использование же твердосплавных ножей нецелесообразно. Во-первых, это не выгодно из экономических соображений, во-вторых, твердый сплав имеет низкую ударную вязкость, т.е., при ударных нагрузках он скалывается. Кроме того, получение габаритных заготовок из труднообрабатываемого титана методом рубки или штамповки, для последующей их сварки влечет за собой ряд дополнительных механических операций, таких как подготовка кромок.

Сегодня в машиностроении, для осуществления заготовительных операций крупногабаритных заготовок и соединения изделий из титана и его сплавов успешно используются ряд сварочных технологий. Основными из них являются автоматическая аргонодуговая сварка (ААрДС) и плазменно-дуговая сварка (ПДС), позволяющие получать удовлетворительное качество сварных соединений, но не решающие всех проблем, связанных со сваркой и заготовкой титановых изделий.

Об основной проблеме, с которой приходится сталкиваться при сварочной обработке титана уже говорилось в актуальности. Она заключается в его высокой химической активности, благодаря которой расплавленный металл шва взаимодействует с основными составляющими окружающего воздуха – кислородом, азотом и водородом. Взаимодействие с газами приводит к увеличению прочности и резкому снижению пластичности и ударной вязкости сварных соединений. Кроме того, при высоких температурах (до 300⁰С) титан имеет склонность к росту зерна и изменению микроструктуры, что также приводит к увеличению хрупкости сварного шва [1]. При этом, сам расплавленный металл жидкотекуч, шов хорошо формируется при всех способах сварки. Главную проблему создает высокая химическая активность, вызывающая необходимость постоянной защиты в зоне сварки металла, нагреваемого свыше 300⁰С.

Технологией альтернативной ААрДС и ПДС является лазерная термическая технология, характеризующаяся большой плотностью мощности в пятне нагрева, а также большими скоростями нагрева и охлаждения. Как следствие, все это сопровождается незначительным ростом зерна в зоне термического влияния (ЗТВ).

Для получения непрерывного излучения большей мощности (5, 10 кВт и более) применяют газоразрядные лазеры. Рабочим телом у них чаще всего является газ CO_2 .

Большая плотность мощности, достигаемая в остросфокусированном лазерном луче (значительно выше, чем в сварочной дуге, и на порядок выше, чем в электронном пучке), позволяет получать особые эффекты при обработке материалов. Например, можно достичь скоростей нагрева несколько десятков и даже сотен тысяч градусов в секунду. Металл в этих условиях может интенсивно испаряться. Такие режимы и используют при резке или для прошивки отверстий

Интенсивный сосредоточенный нагрев обычно приводит и к чрезвычайно большой скорости охлаждения материала после прекращения воздействия луча. Можно создать условия охлаждения, при которых обрабатываемый металл после расплавления охлаждается так быстро, что процессы кристаллизации с образованием упорядоченной структуры происходить не успевают; при затвердевании образуется аморфный слой, обладающий специфическими свойствами..

Процессы лазерной технологии относительно просты в осуществлении, легко управляемы, а высокая пространственно-временная локализованность излучения и отсутствие механического воздействия пучка лазера на объект обработки позволяют реализовать различные уникальные операции: сварку, резку, скрайбирование, поверхностное упрочнение и другие операции, осуществляемые на легко деформируемых изделиях и деталях, в том числе и вблизи теплочувствительных элементов [1].

Сущность процесса лазерной резки состоит в локальном выплавлении материала под действием острогофокусированного луча и одновременно удаления расплава из зоны реза инертными нейтральными или активными газами, подаваемыми под давлением. Ширина реза может составлять 0,1-0,2 мм, при этом шероховатость поверхности незначительна [3].

Газолазерная резка производится на CO_2 - лазере мощностью до 5 кВт. Для фокусировки излучения используется соляная линза из KCl с фокусным расстоянием 180 мм. В целях исключения газонасыщения кромок используется инертный газ (например, аргон). Схема подачи газа соосная, давление газа 0,5 МПа. Скорость резки 60-75 м/час. Диаметр режущего сопла 2 мм, расстояние от сопла до изделия выдерживается близким к 2 мм. Луч фокусируется на поверхность изделия. На рисунке представлена схема процесса газолазерной резки.

После газолазерной резки пластины, как правило, не имеют следов пластической деформации. Кромки реза блестящие и без следов окисления (с незначительным гратом на нижней кромке). Технология отработывалась в МГТУ им. Н.Э. Баумана на титановом сплаве ОТ4 [1].

Оценка качества поверхности реза осуществлялась по следующим параметрам: шероховатость, отклонение поверхности реза от перпендикулярности и величина зоны термического влияния.

Шероховатость кромки определялась с помощью контактного профилометра «Калибр-201» и соответствовала R_z 27,5-31,6. Наибольшее отклонение поверхности реза от перпендикулярности при толщине разрезаемого материала 2 мм составила 0,05 мм. Ширина зоны термического влияния резов не превышала 0,30-0,35 мм. Структура этой зоны представляет собой игольчатый мартенсит. У кромки реза зерно более крупное, по мере приближения к основному металлу становится мельче. Микротвердость зоны термического воздействия, измеренная при нагрузке 0,5 Н соответствовала 2710-3230 МПа и практически не отличалась от микротвердости основного металла (2540-3210 МПа). Отставания нижней кромки реза не наблюдалось, риски на ней были практически вертикальными [1].

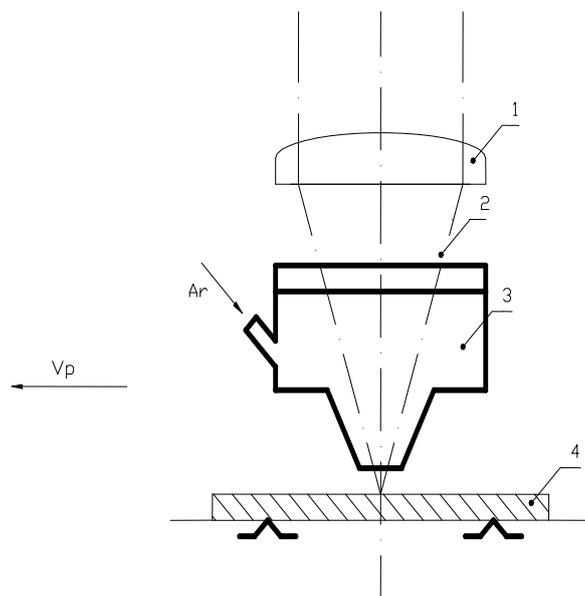


Рисунок – Схема газолазерной резки (1 – фокусирующая линза; 2 – лазерный луч; 3 – лазерная головка; 4 – образец).

Полученные газолазерной резкой пластины были впоследствии сварены автоматической аргонодуговой, плазменно-дуговой и лазерной сварками. Качество реза позволило собрать заготовки под сварку с зазором не более 0,2 мм. Механические испытания сварных соединений на растяжение, изгиб и удар показали их высокие свойства. При этом, замена механической резки газолазерной позволяет уменьшить основное машинное время резки более чем в 8 раз и снизить общую трудоемкость изготовления сварного изделия в 4-5 раз [1].

Выводы. Лазерная термическая технология является одним из прогрессивных видов обработки материалов. Как показали представленные экспериментальные данные, ее использование на операциях получения крупногабаритных листовых заготовок из титановых сплавов дает положительный эффект не только по сравнению с механической резкой но и с аналогичными видами сварочных технологий. При этом, увеличение производительности и снижение трудоемкости процесса является одним из перспективных направлений развития данной технологии.

Список использованных источников: 1. *Измаилова Г.М., Шабдинов М.Л.* Лазерная термическая технология: сварка титанового сплава // Ученые записки Крымского государственного инженерно-педагогического университета. – 2004. – выпуск 5. – С. 15–18. 2. *Кривоухов В.А.* Обработка резанием титановых сплавов / В.А. Кривоухов, Д.М. Чубаров. – М.: «Машиностроение», 1970. – 180 с. 3. *Лазерная техника и технология: В 7 кн. – Кн. 7. Лазерная резка металлов. Учебное пособие для вузов / Григорьянц А.Г., Соколов А.А. / Под ред. Григорьянц А.Г.:– М.: Высшая школа, 1988. – 127 с.*