

ГАЗОИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ БЕЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАГРЕВА

*Д.А. Иванов, доц., О.Н. Засухин, зав. лаб.
Балтийский государственный технический университет ВОЕНМЕХ им. Д.Ф. Устинова*

Выполнено исследование влияния дозвуковых газовых течений на свойства металлических материалов, обдуваемых нестационарными газовыми потоками без осуществления предварительного нагрева. Воздействием пульсирующего дозвукового газового потока были улучшены свойства алюминиевого сплава АМг2 в отожженном состоянии, стали 40 и 40Х в состоянии поставки и после различных видов упрочняющей термообработки, а также пластин из холоднокатаной латуни Л68. Показана возможность снижения остаточных напряжений в тонкостенных трубных изделиях из титанового сплава ВТ5, а также шовных трубах из стали 15. Определена оптимальная продолжительность газоимпульсной обработки для управления остаточными напряжениями в конструкции.

Значительное положительное влияние на конструктивную прочность металлических материалов и изделий достигается при сочетании воздействия нестационарными газовыми потоками с термической обработкой [1].

Вместе с тем недостаточно изучено влияние газовых течений на свойства металлических материалов, не подвергаемых упрочняющей термической обработке, и материалов, обдуваемых нестационарными газовыми потоками без предварительного нагрева.

Представляет особый интерес влияние обработки нестационарными газовыми потоками на конструктивную прочность металлических материалов как подвергаемых, так и не подвергаемых упрочняющей термической обработке без предварительного нагрева.

Нагрев повышает подвижность дислокаций в металлических материалах и делает их структуру более восприимчивой к воздействию пульсаций газовой среды, но в силу быстрого охлаждения даже в существенно дозвуковом потоке обработка газовыми импульсами нагретого изделия крайне непродолжительна, что уменьшает ее эффективность и затрудняет установление связи между временем обдува и изменениями механических свойств.



В результате воздействия импульсов газового потока на металлический материал в последнем возникают возмущения, способные оказать влияние на его микроструктуру.

Механические колебания, поглощаясь преимущественно дислокациями, могут вызывать развитие дислокационной перестройки структуры металла, результатом которой будет изменение механических свойств.

Исследования осуществлялись с использованием двух типов устройств. Первое устройство (рис. 1) представляет собой газоструйный генератор колебаний параметров существенно дозвукового потока, построенный по схеме струя-резонатор, обладающий кольцевым соплом, рассекателем кольцевой струи в виде цилиндрического ножа и горизонтальным резонатором тороидально-цилиндрической формы. Подача воздуха в генератор осуществляется при помощи воздуходувки, а варьирование амплитудно-частотных характеристик за счет использования сменных наружных частей и центральных тел кольцевого сопла различных диаметров, а также путем продольного перемещения рассекателя [2, 3]. Обрабатываемые изделия размещались в рабочей камере на выходе из резонатора.

Второе устройство — газоструйный генератор типа свистка Гавро с вертикальным цилиндрическим осесимметричным резонатором. Подача воздуха в него осуществляется по магистрали из ресивера, а варьирование амплитудно-частотных характеристик — за счет изменения давления на входе и применения различных насадков. Обрабатываемые изделия размещались снаружи перед резонатором.

На первом газоструйном генераторе были проведены исследования влияния пульсирующего

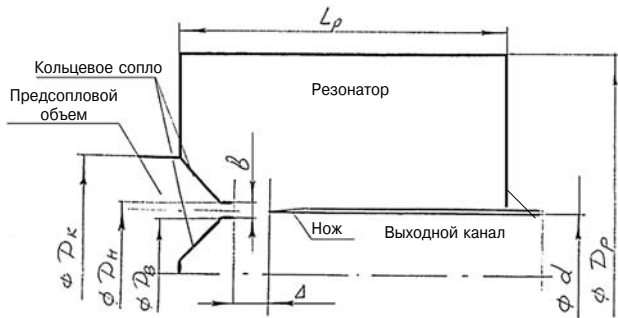


Рис. 1. Газоструйный генератор пульсаций параметров потока:

диаметр резонатора — $D_p = L_p = 0,5$ м; диаметр входа в конфузор — $D_k = 210$ мм; диаметры кольцевого сопла — $D_b = 85, 95, 100, 105$ мм; наружные диаметры кольцевой щели — $D_n = 135, 125, 120, 115$ мм; $\beta = D_b/D_n = 0,63-0,91$; характерный размер — удвоенная ширина щели $B = 2b = D_n - D_b$, $B = 10-50$ мм; выходной канал — цилиндрический $d = 110$ мм; расстояние от среза кольцевого сопла до острия ножа $\Delta = 5-100$ мм

газового потока, имеющего скорость 30 м/с, частоту 560 Гц и звуковое давление 100 дБ на свойства алюминиевого сплава АМг2 в отожженном состоянии. В результате воздействия пульсирующего газового потока в течение 30 мин без нагрева был получен рост как показателей прочности, так и показателей пластичности данного сплава.

Далее при помощи образцов из стали 40 исследовалась зависимость механических свойств от продолжительности обдува без нагрева для данных амплитудно-частотных характеристик. Результаты исследований показали, что положительное влияние пульсирующего газового потока на конструктивную прочность начинает ощутимо проявляться спустя 5 мин после начала обдува и достигает своего максимума через 30–35 мин. Так, для стали 40 в состоянии поставки после 5 мин обработки пульсирующим газовым потоком ударная вязкость составила 0,77 МДж/м², а после 35 мин — 0,79 МДж/м². Для стали 40 в нормализованном состоянии после 5 мин газоимпульсной обработки ударная вязкость составила 0,98 МДж/м², а после 35 мин — 1,4 МДж/м². В целом предварительно осуществленная нормализация способствует достижению более высоких сравнительных значений показателей механических свойств в результате газоимпульсной обработки без нагрева чем у нетермообработанных образцов.

Влияние пульсирующего газового потока тех же частот на механические свойства стали 40Х исследовалось как в состоянии поставки, так и после закалки и отпуска при температуре 200 °С в течение 30 мин, после нормализации, после закалки и отпуска 580 °С 30 мин. Обдув во всех случаях осуществлялся в ненагретом состоянии в течение 35 мин.

Результаты исследований показали существенное положительное влияние газоимпульсной обработки на конструктивную прочность данной стали и возможность сокращения продолжительности отпуска с 1,5–2 часов до получаса без снижения надежности изделий.

На втором газоструйном генераторе были проведены исследования влияния пульсирующего газового потока, имеющего скорость 26 м/с, частоту 2100 Гц и звуковое давление 140 дБ на ударную вязкость стали 40 в состоянии поставки и стали 40Х после закалки и отпуска при температуре 200 °С в течение 30 мин. Газоимпульсная обработка и в том и другом случае осуществлялась в ненагретом состоянии в течение 10 мин. В результате был получен рост значений показателей ударной вязкости до 25 %.

Для пластин из холоднокатаной латуни Л68 размером 145×26×1 мм применялся обдув пульсирующим воздушным потоком без нагрева в течение 10 мин при тех же амплитудно-частотных характеристиках.

Пластина располагалась вдоль газового потока. Повышение механических свойств в сравнении с необработанной (контрольной) пластиной: предел прочности σ_b 462 МПа против 414; условный предел текучести $\sigma_{0,2}$ 267 МПа против 239 при относительном удлинении δ 23,8 % против 22,1%. Таким образом установлено, что газоимпульсная обработка при данных амплитудно-частотных характеристиках обеспечивает повышение механических свойств тонколистового проката из сплавов на основе меди, не подвергаемых термоупрочнению.

Также при помощи данного газоструйного генератора было проведено исследование газоимпульсной обработки без осуществления предварительного нагрева на остаточные напряжения в тонкостенных трубных изделиях из титановых α -сплавов, не подвергаемых упрочняющей термической обработке. Остаточные напряжения исследовались с помощью трубы из титанового сплава ВТ5, обладающей наружным диаметром 26 мм при толщине стенки 0,5 мм.

Воздействие пульсирующего газового потока, имеющего скорость 26 м/с, частоту 2100 Гц и звуковое давление 140 дБ осуществлялось в течение 10 мин.

На поверхности трубы до обработки пульсирующим газовым потоком присутствовали растягивающие тангенциальные остаточные напряжения величиной 76 МПа, а после десятиминутного обдува без нагрева напряжения на поверхности стали сжимающими, при этом их величина составила 38 МПа.

Малая толщина трубы из ВТ5 позволяет получать хорошие результаты даже при частотах,

вдвое выше 1000 Гц (эффект воздействия для такого тонкого сечения будет носить объемный характер).

Следует отметить, что устранение растягивающих напряжений на поверхности столь тонкостенного изделия другими методами, например поверхностной пластической деформацией, затруднены из-за возможного искажения его формы.

Сварные (шовные) трубы, конструкции и изделия на их основе, в том числе кольцевые, широко применяются в самых различных областях. Однако пластические свойства основного металла и металла шва различны и в таких изделиях зачастую наблюдается неблагоприятное напряженное состояние, в особенности если заготовка подвергалась холодному пластическому деформированию. Обыкновенно неблагоприятные растягивающие напряжения на поверхности кольцевого изделия имеют наибольшее значение напротив сварного шва и для их уменьшения, как правило, применяется дробеструйная обработка, ухудшающая состояние поверхности изделия.

Целью исследования было уменьшение растягивающих напряжений на поверхности кольцевых сварных изделий за счет воздействия низкочастотного дозвукового пульсирующего газового потока без предварительного нагрева.

В качестве исследуемого материала была выбрана сталь 15, широко используемая для производства сварных изделий.

Кольцевые образцы были вырезаны из шовной трубы и имели наружный диаметр 41,5 мм, толщину стенки 2,5 мм, высоту 15 мм. Область сварного шва образцов была подвергнута воздействию пульсирующего дозвукового газового потока частотой 1130 Гц и звуковым давлением 122 дБ, оказывающего комплексное воздействие на изделие. Продолжительность газоимпульсной обработки составила 15 мин. В результате при-

существовавшие на поверхности образца напротив шва тангенциальные растягивающие напряжения, имевшие величину +156 МПа поменялись на сжимающие величиной –39,5 МПа.

Как видно из приведенных результатов, газоимпульсная обработка оказывает влияние не только на величину, но и на знак остаточных напряжений, способствуя возникновению благоприятных с точки зрения долговечности изделия сжимающих остаточных напряжений в его поверхностных слоях.

Исследование влияния продолжительности газоимпульсной обработки на напряженное состояние кольцевого изделия показало, что растягивающие напряжения на поверхности существенно снижаются после 5 мин воздействия пульсирующего дозвукового потока с вышеприведенными амплитудно-частотными характеристиками, а после 10 мин воздействия меняются на сжимающие.

Таким образом, установлена высокая эффективность обработки широкого спектра металлических материалов и изделий нестационарными газовыми потоками при отсутствии нагрева для повышения их конструктивной прочности.

Показана возможность управления остаточными напряжениями в целях создания заданного напряженного состояния в конструкции.

Литература

1. Воробьева Г.А., Иванов Д.А., Сизов А.М. Упрочнение легированных сталей термоимпульсной обработкой // Технология металлов. — 1998. — № 2. — С. 6–8.
2. Иванов Д.А. Повышение конструктивной прочности машиностроительных сталей путем импульсного воздействия при отпускном охлаждении // Двигателестроение. — 2005. — № 4. — С. 30–32.
3. Иванов Д.А. Повышение конструктивной прочности материалов за счет воздействия пульсирующих дозвуковых низкочастотных газовых потоков. — СПбГУСЭ, 2008. — 123 с.