

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ СТАЛИ Ст3 МЕТОДОМ ТОНКОСТРУЙНОЙ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ¹

К. Х. Рахимянов, А. Х. Рахимянов, С. В. Шопф
Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, Россия

Развитие современной техники неразрывно связано с увеличивающимся объёмом использования металлических материалов, требования к которым, с точки зрения обеспечения надёжности, долговечности, экономичности и технологичности, неуклонно возрастают, вследствие интенсификации при эксплуатации тепловых воздействий, повышения механических нагрузок, роста агрессивности рабочих сред и т.д.

Ведущую роль в выполнении указанных требований играет совершенствование структуры выпускаемой металлопродукции путем расширения производства наиболее экономичных ее видов и материалов нового поколения. К последним относятся и сложные металлические композиции — биметаллы — материалы, состоящие из двух или более разнородных металлов, объединяющие в себе свойства составляющих их металлов, и получившие новые качества, отличные от качеств исходных металлов.

Но при обработке большинства деталей и заготовок из данного класса материалов возникает ряд проблем, связанных с труднообрабатываемостью резанием различных композитов. Труднообрабатываемость материалов данного класса связана с тем, что составляющие биметаллического соединения — это, чаще всего, разнородные материалы со своими специфическими свойствами: твёрдостью, прочностью, ударной вязкостью, теплопроводностью, электропроводностью, образованием оксидных плёнок и т.д.

В последнее время широкое применение находят электрофизические технологии обработки материалов, позволяющие проводить эффективную обработку независимо от

механических свойств и состава обрабатываемого материала. Одной из таких технологий является тонкоструйная плазменная резка. Она позволяет не только существенно увеличить производительность обработки, но также и уменьшить долю материала, идущего в отход.

Так или иначе, любой метод обработки вносит определенные изменения в свойства и структуру материала у поверхности. Эти изменения могут оказать большое влияние на дальнейшие эксплуатационные свойства получающихся деталей. Исследования того, как технологические параметры электрофизических процессов влияют на свойства поверхности и микроструктурные изменения, позволят лучше понять процессы, происходящие во время обработки этими методами, и, в конечном итоге, повысить качество получаемых деталей за счет оптимизации режимов обработки.

Для разработки технологии тонкоструйной плазменной резки биметаллических композиций необходимо проведение экспериментальных исследований по обработке отдельных ее составляющих. Значительная часть композиций представляет собой сочетание обычных конструкционных сталей и высоколегированных сплавов. Данные исследования посвящены изучению поведения одной из составляющих биметаллических композиций — стали Ст3.

В качестве исследуемого материала был взят лист конструкционной углеродистой стали обыкновенного качества Ст3 толщиной 3 мм. Физические свойства стали Ст3 приведены в таблице 1, химический состав — в таблице 2.

¹Исследования проведены при финансовой поддержке проекта, выполняемого в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ в 2012 г. и в плановом периоде в 2013-2014 гг. (Шифр заявки 7.759.2011 "Повышение конструктивной прочности материалов конструкционного и инструментального назначения методами, основанными на высокочастотном воздействии")

Таблица 1 – Физические свойства стали Ст3.

Температура	Модуль упр. перв. рода	Коэф. линейн. расшир.	Коэфф. тепло провод.	Плотность материала	Удельн. теп- лоемк. ма- териала	Удельное электросо- противление
Т, Град.	Е, 10^{-5} МПа	α , 10^6 1/Град	λ , Вт/(м·град)	ρ , кг/м ³	С, Дж/(кг·град)	R, 10^9 Ом·м
20	2.06	11.6	49	7826	452	199
100	1.97	12	49	7804	469	251
200	1.87	12.9	49	7771	490	321
300	1.76	13.6	47	7737	511	408
400	1.68	14.2	44	7700	532	511
500	1.54	14.6	41	7662	553	629
600	1.47	15	38	7623	578	759
700	1.36	15.2	35	7583	611	922
800	1.24	12.7	29	7600	708	1112
900	1.12	13.9	28	7549	699	1156
Сред. знач. в ин- терв. тем- пер.	1,6	13,57	40,9	7685.5	528,6	862,75

Таблица 2 – Химический состав стали Ст3, в %.

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0.14 – 0.22	0.05 – 0.17	0.4 – 0.65	≤ 0.3	≤ 0.05	≤ 0.04	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.08

В таблице 3 приведены настроечные режимы установки тонкоструйной плазменной

резки HiFocus130 производства компании Kjellberg (Германия).

Таблица 3 – Режимы обработки.

Режимный параметр	Значение
Плазмообразующий (режущий) газ	H ₂
Давление	0,7 МПа
Расход	400 л/мин
Завихряющий газ №1	N ₂
Давление	0,6 МПа
Расход	900 л/мин
Завихряющий газ №2	N ₂ H ₂ (95/5)*
Давление	0,6 МПа
Расход	800 л/мин
Ток дуги	130 А
Напряжение дуги	116 В
Факельный зазор	2,5 мм
Высота зажигания (высота пробивки)	4 мм

*формирующий газ (смесь газов, содержащая 95% N₂ и 5% H₂)

Величина вырезаемых образцов (пластин) выбиралась таким образом, чтобы образцы были компактны и удобные для изучения, но при этом их размер был бы достаточ-

но большим для того, чтобы можно было считать режим резания хотя бы одной стороны стационарным.

На рисунке 1 показан путь, который про-

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ СТАЛИ СТ3 МЕТОДОМ ТОНКОСТРУЙНОЙ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ

ходила плазменная дуга при вырезании пластины (размер 100x100 мм), а также внешний вид образца (размер 15x25 мм) для металло-

графических исследований, который был получен электроэрозионным вырезанием из полученных пластин (рисунок 1).

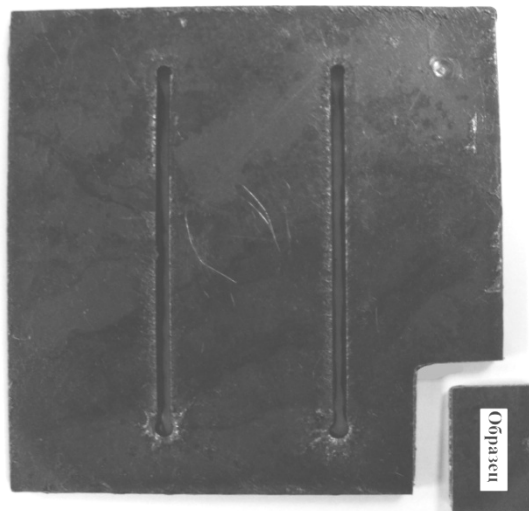
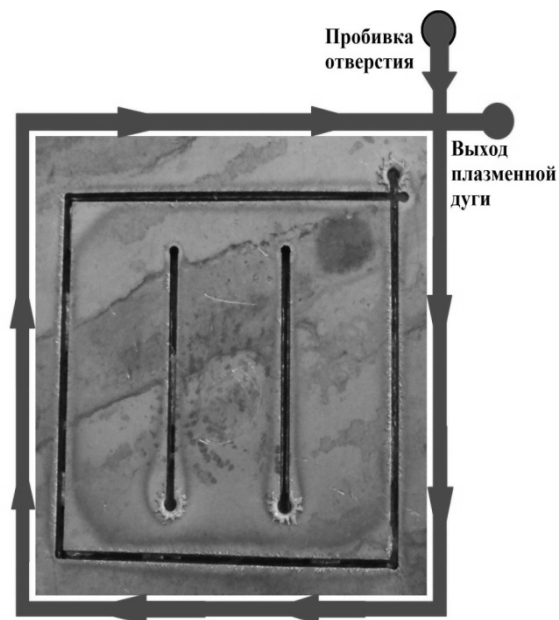


Рисунок 1 – Траектория движения плазменной дуги при вырезании пластин (слева) и внешний вид образца (справа).

Режимы обработки, приведенные в таблице 3, в основном влияют на физические процессы при тонкоструйной плазменной резке, в то время как на качество обработки значительно влияет скорость перемещения плазматрона.

Для определения влияния скорости резания на такие параметры как шероховатость, отклонение от перпендикулярности поверхности реза и величина участка с измененной структурой вырезали три различных пластины. Первая пластина была вырезана со скоростью 2,2 м/мин, вторая пластина – со скоростью 2,6 м/мин, третья – 2,8 м/мин.

Во всех случаях поверхность реза получилась достаточно гладкой и блестящей. На нижних гранях пластин образовалось небольшое количество грата (рисунок 2), который легко отделялся от основного материала.

Из рисунка 2 видно, что увеличение скорости резания приводит к незначительному снижению количества грата на нижней поверхности данных образцов.

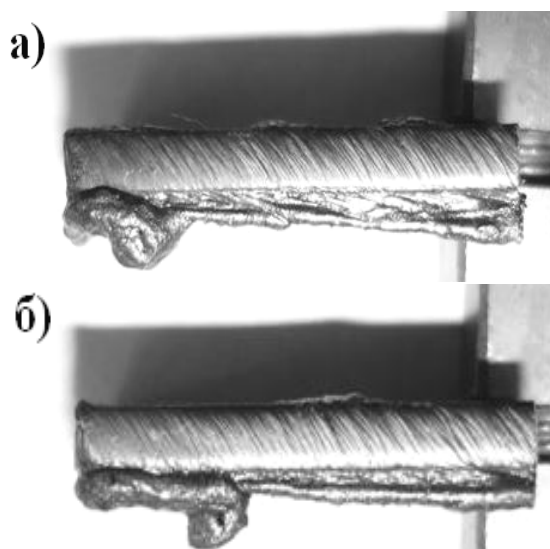


Рисунок 2 – Грат на нижней поверхности образцов из стали Ст3

а) $V = 2,6$ м/мин; б) $V = 2,8$ м/мин.

Исключение составляет лишь первая пластина (скорость $V = 2,2$ м/мин), которая даже не отделилась при её вырезании из листа (рисунок 3).

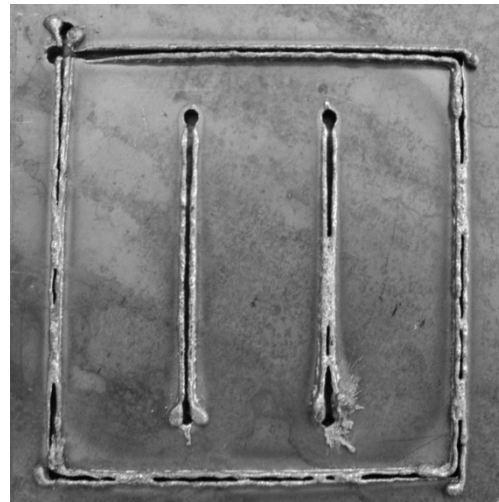
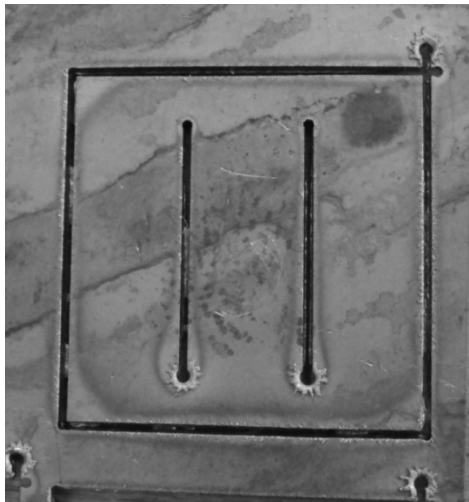


Рисунок 3 – Не отделившаяся от листа пластина (сталь Ст3)
(слева – верхняя поверхность, справа – нижняя поверхность).

Это можно объяснить тем, что из-за низкой скорости резания увеличиваются объём жидкой фазы и ширина реза, и поток газов уже не так интенсивно выдувает расплавленный металл из зоны резания. Вследствие этого пластина по нижней кромке сваривается с листом посредством этого не удалённого расплавленного металла.

Проведенные исследования позволили

определить оптимальную скорость обработки стали Ст3 толщиной 3 мм – 2,8 м/мин. Дальнейшие исследования будут направлены на выявление оптимальной скорости обработки другой составляющей биметаллической композиции - стали 12Х18Н10Т и последующую оптимизацию режимов обработки непосредственно биметаллической композиции Ст3 - 12Х18Н10Т..